# TEORYA POMP CENTRYFUGALNYCH CZYLI OBROTOWYCH.

PRZEZ

G. LINDNERA,

prof. k. szkoły budownictwa w Stuttgardzie.

Spolszczył M. M.

Oznaczenie ogólnie przez $\frac{mv^2}{r}$ siły odśrodkowej *cząsteczki płynu*, gdzie $v$ jest prędkością w kierunku stycznej koła łopatkowego płyn podnoszącego, nie jest ścisłem; albowiem, przyjąwszy jakikolwiek kształt łopatek, czyli skrzydeł, cząsteczka płynu posiada odmienną prędkość od prędkości koła skrzydlatego i siła odśrodkowa zależną jest jedynie od prędkości właściwej cząstce płynu, a nie od prędkości ciała znajdującego się w jej sąsiedztwie. W jednym tylko wypadku nie różnią się obie prędkości, a mianowicie jeśli płyn odnośnie do koła albo się wcale nie porusza, albo też porusza tylko w kierunku promienia, i natenczas siłę odśrodkową płynu oznaczyć można z prędkości obrotowej koła łopatkowego. Im więcej krzywizna skrzydeł oddala się od kierunku promienia i im prędzej płyn się porusza, tem większa jest różnica w prędkościach w kierunku stycznej i tem więcej wzmaga się błąd w obrachunku. Ważniejszem jednakże od błędu, dającego się na mocy danych z doświadczeń poprawić, jest okoliczność, iż *teorya w danym razie nie podaje istotnego związku między odpowiedniemi wielkościami.*

Z tego to punktu widzenia wychodząc wyprowadziłem nowe wzory, różniące się od służących obecnie przy konstrukcyi pomp obrotowych i które nie jedną mogą przynieść korzyść zarówno w teoryi jak i w praktyce.

Dla uproszczenia rachunku przyjęto stały ciężar gatunkowy dla płynów, tak iż równania jednakowe znajdą zastosowanie dla wody i powietrza, z pewną niedokładnością dla ostatniego, której zresztą uniknąć trudno. Przyjęto nadto jako warunek, który dla krzywizny skrzydeł nader jest ważnym i który następnie przy obliczaniu zużytkowanym będzie, mianowicie: *aby płyn o ile możności równomiernie wypełniał przestrzeń przez którą przechodzi*, nie tworząc wirów w jednych miejscach i nie tłocząc się w drugich.

Objętość cząsteczki płynu, której wymiarem w kierunku promienia jest $dr = w\,dt$, w kierunku stycznej $ds = v\,dt$ i której trzecim wymiarem jest $b$, t. j. szerokość wewnętrzna koła łopatkowego, mierzona w kierunku równoległym do osi, będzie $b.dr.ds$, a masa $b.dr.ds\ \frac{\gamma}{g}$ ($\gamma$ ciężar gatunkowy płynu, $g = 9{,}81$ przyśpieszenie prędkości).

Przyjmując stały ciężar gatunkowy. nietylko masa ale także i objętość $b.wdt.vdt$ a zatem i iloczyn $b\,w\,v$ stanowią ilość stałą. $w$ jest prędkość, z którą w czasie jednej sekungy objętość płynu Q przechodzi przez powierzchnię $2\pi r\,b$, zatem:

$$2\pi r\,b.w = Q,$$

$$b.w = \frac{Q}{2\pi}\cdot\frac{1}{r}.$$

Ponieważ iloczyn $b\,w\,v$ jest ilością stałą, musi zatem i iloczyn $\frac{Q}{2\pi}\cdot\frac{v}{r}$ być stałym, to jest prędkość w kierunku stycznej $v$ *płynu* musi być proporcyonalną do promienia $r$. Czyniąc

$$v = \vartheta r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

$\vartheta$ oznaczać będzie *stałą absolutną prędkość kątową płynu w kole skrzydlatem.*

Poprzednio postawiony warunek będzie zatem wypełniony, jeśli płyn przechodzi przez koło łopatkowe ze stałą prędkością kątową, która jednakże z prędkością koła nie koniecznie może się zgadzać. Potrzeba na to, aby krzywizna skrzydeł odpowiadała względnemu przebiegowi wody, opisanemu przy stałej prędkości koła skrzydlatego. Otrzymuje się zatem *ogólne prawo dla krzywizny łopatek* z uwzględnienia względnego ruchu płynu w stosunku do koła łopatkowego, w kierunku promienia i stycznej, przyjąwszy stałą prędkość kątową.

Prędkość względna w kierunku promienia równą jest prędkości bezwzględnej, także w kierunku promienia

$$w = \frac{Q}{2\pi r b}.$$

Należy tu rozróżnić dwa wypadki ważne ze względu praktycznego, a mianowicie: szerokość koła skrzydlatego jest albo jednostajną, natenczas $r.w = C$ (ilość stała); lub też koło jest w kierunku na zewnątrz węższem, tak że $r.b$ jest w zupełności lub w przybliżeniu ilością stałą, i natenczas $w = C$. Rozróżnimy tu tylko te dwa wypadki.

Niech będzie $\omega$ prędkość kątowa samego koła skrzydlatego, zależąca od stałej przyjętej liczby obrotów, a prędkość w kierunku stycznej *koła* w odległości $r$ od osi niech będzie $\omega r = V$. *Prędkość względna* koła i płynu w *kierunku stycznej* jest zatem

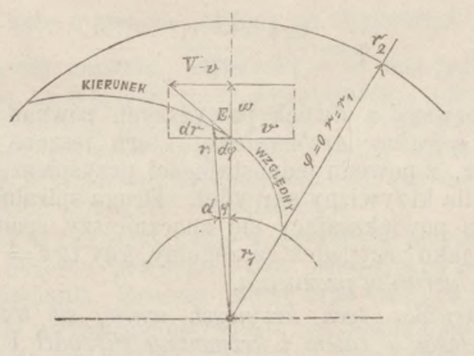
$$V - v = (\omega - \vartheta)\,r.$$

Z fig. 1 wyprowadza się

$$V - v = w\,\mathrm{tg}\,\varepsilon,$$

gdzie $\varepsilon$ jest kątem względnego przebiegu, czyli krzywej skrzydła z odpowiadającym kierunkiem promienia.

Fig. 1.




Z dwóch poprzedzających równań otrzymujemy:

$$\omega - \vartheta = w\cdot\frac{\mathrm{tg}\,\varepsilon}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Cechą równania tego jest, iż z lewą stroną także i *prawa strona jest ilością stałą.* Dla kół zatem skrzydlatych ze *zwężającą się szerokością* a zatem i stałą wartością $w$, $\frac{\mathrm{tg}\,\varepsilon}{r}$ stanowi pewną wartość, która może być uważaną jako wymiar krzywizny skrzydeł. Jeżeli np. jedno skrzydło przy otworze z promieniem $r_1 = 0{,}145$ tworzy kąt $\varepsilon_1 = 30^0$ z kierunkiem promienia, natenczas $\frac{\mathrm{tg}\,\varepsilon_1}{r_1} = \frac{0{,}577}{0{,}145} = 3{,}98$; lub jeśli skrzydło przy promieniu wyjścia $r_2 = 0{,}500$ tworzy kąt $\varepsilon_2 = 45^0$, natenczas $\frac{\mathrm{tg}\,\varepsilon_2}{r_2} = \frac{1{,}000}{0{,}500} = 2{,}00$. Jeśli jednak obie wartości mają być zastosowane do jednego i tego samego skrzydła równocześnie, należy wtenczas kąty i promienie w ten sposób wybrać, aby $\frac{\mathrm{tg}\,\varepsilon}{r}$ w obu wypadkach tę samą wartość miało, a to w myśl zadość uczynienia prawu najodpowiedniejszej krzywizny skrzydeł. Dla kół skrzydlatych o *jednakowej szerokości*, dla których $r.w = C$, $\frac{\mathrm{tg}\,\varepsilon}{r^2}$ również może być uważane

jako *miara krzywizny* skrzydeł, mnożąc bowiem licznik i mianownik prawej strony równania (2) przez $r$, otrzymamy

$$\omega - \vartheta = r w \,.\, \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (3).$$

O wyborze krzywizny później będzie mowa. Przedewszystkiem należy, na mocy wyprowadzonych wartości dla prędkości składowych, wyznaczyć *krzywą względnego przebiegu*. Równanie biegunowe podług fig. 1 wypada:

$$\frac{r\,d\varphi}{d\,r} = \operatorname{tg} \varepsilon .$$

Po rozdzieleniu zmiennych i zcałkowaniu otrzymuje się wartość kąta $\varphi$, wyrażonego w stopniach za pomocą czynnika $\frac{180}{\pi}$, utworzonego przez promień $r$ z promieniem $r_1$ początkowym, a mianowicie dla kół skrzydlatych ze zwężającą się szerokością

$$d\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r}\, dr ,$$

z jednostajną szerokością

$$d\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2}\, r\,dr$$

i z tych równań ponieważ w jednym wypadku $\frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r}$ a w drugim $\frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2}$ stanowią ilości stałe, wypada dla kąta $\varphi$ w stopniach:

przy zwężającej się szerokości:

$$\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r}\,(r - r_1)\,.\,\frac{180}{\pi} \;.\;.\;.\;.\;. \quad (4),$$

przy jednostajnej szerokości:

$$\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2}\,\frac{r^2 - r_1{}^2}{2}\,.\,\frac{180}{\pi} \;.\;.\;.\;.\;. \quad (5).$$

Pierwsze z dwóch powyższych równań przedstawia zwykłą *spiralną Archimedesa*, która jeszcze przez prof. *C. Finka*, z powodu jednostajności przyśpieszenia poleconą została dla krzywizny skrzydeł. Druga spiralna linia ma na zewnątrz powiększający się znaczniejszy spadek. Oba równania, jako przypadek szczególny, gdy $\operatorname{tg} \varepsilon = 0$, oznaczają *prostą w kierunku promienia*.

*Kierunku tych krzywych winny się trzymać względne przebiegi a zatem i krzywizny skrzydeł* i wtedy tylko każdy element szerokości $b$, ze składowemi prędkościami $w$ i $v$, w czasie $dt$ schodzi z drogi następującemu po sobie sąsiedniemu elementowi, tak że nigdzie nie tworzą się nigdzie wiry i podskoki wodne. Jeśli zaś skrzydło ma odmienną krzywiznę, wówczas ciśnie ono warstwy najbliżej niego znajdujące się a nie warstwy odleglejsze, w kierunku niewłaściwym, tak że płyn w kole skrzydlatem nie ma swobodnego przepływu, co szkodzi prawidłowemu funkcyonowaniu.

Najgłówniejsze równanie, które wyraża związek między *wielkością* i *prędkością obrotową* maszyny z jednej strony a *wysokością* i *ilością* wzniesionego płynu z drugiej, nie daje się ułożyć odrazu dla pełnego przekroju komórki łopatkowej, a to z powodu panujących w jej wnętrzu właściwości; dla tego związek powyższy należy wyprowadzić z cząstkowych równań odnoszących się do ruchu cząsteczki wodnej w kierunku promienia i stycznej. Przy takiem rozróżnieniu sił i prędkości, w kierunkach do siebie prostopadłych, można całość objąć dokładnie, wyrażając ją równaniami (ruch w kierunku $b$, przy zwężającej się szerokości, nie będzie tu rozważany).

Na cząsteczkę płynu (fig. 2). masy $dm = b\,dr\,ds\,\frac{\gamma}{g}$ działa w *kierunku promienia* siła odśrodkowa, wyrażona przez $dm\,\frac{v^2}{r}$ — ale nie przez $dm\,\frac{V^2}{r}$ — ponieważ zależy ona od prędkości *v cząsteczki* samej a nie od *prędkości* V *koła*. Sile tej przeciwdziała siła w kierunku wprost przeciwnym, wynikająca ze zmiennego ciśnienia w płynie w kierunku promienia. Powiększenie ciśnienia $p$ w kierunku promienia w odległości nieskończenie małej $dr$ jest $\frac{dp}{dr}\,dr$. Działa ona na powierzchnię $b\,ds$, prostopadłą do kierunku promienia cząsteczki, i wywiera siłę $b\,ds\,\frac{dp}{dr}\,dr$ na masę cząsteczki. Wypadkowa obu sił, to jest, różnica siły odśrodkowej i ciśnienia wstecznego działa w sposób przyśpieszony i udziela masie $dm$ przyśpieszenie $\frac{dw}{dt}$ w kierunku promienia. Równaniem ruchu będzie zatem

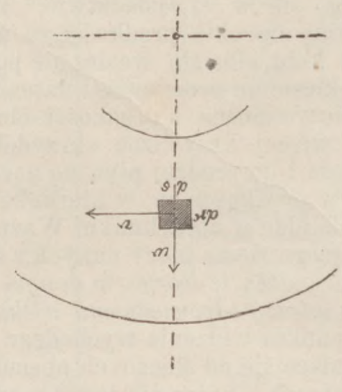
$$dm\,\frac{v^2}{r} - b\,ds\,\frac{dp}{dr}\,dr = dm\,\frac{dw}{dt} ;$$

co daje, podzieliwszy obie strony przez $dm = b\,dr\,ds\,\frac{\gamma}{g}$,

$$\frac{g}{\gamma}\,\frac{dp}{dr} = \frac{v^2}{r} - \frac{dw}{dt} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (6)$$

i co jest pierwszem z dwóch równań żądanych.

Fig. 2.



W *kierunku stycznej* i obrotu zmniejsza się ciśnienie od łopatki do łopatki na wskroś komórki łopatkowej. Zmiana w ciśnieniu jest tem równomierniejszą, im przepływ mniej napotyka trudności, bądź w skutku niewłaściwej krzywizny skrzydeł, bądź nieodpowiednich otworów przejściowych i t. d. W jakimkolwiek punkcie komórki między - skrzydłowej w którym znajduje się uważana cząsteczka $dm$, zmiana ciśnienia na długości $ds$, wyrazi się przez $\frac{dp}{ds}\,ds$; a uważając ją jako siłę działającą w kierunku obrotu, wyrazi się przez $-\frac{dp}{ds}\,ds$. Siła ta działa na powierzchnię cząsteczki prostopadłą do $s$, tak że $-b\,dr\,\frac{dp}{ds}\,ds$ przedstawia, w kierunku obrotu, siłę przyśpieszenia Masa $dm$ doznaje przez nią przyśpieszenia $\frac{dv}{dt}$; zatem

$$-\,b\,dr\,\frac{dp}{ds}\,ds = dm\,\frac{dv}{dt} .$$

Dzieląc przez $dm$ otrzyma się *drugie* równanie różniczkowe cząsteczki,

$$\frac{g}{\gamma}\,\frac{dp}{ds} = -\frac{dv}{dt} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (7).$$

Aby równania te złączyć w jedno, dające się zcałkować, należy zauważyć, iż

$$dp = \frac{dp}{dt}\,dt + \frac{dp}{dr}\,w\,dt + \frac{dp}{ds}\,v\,dt$$

daje zmianę ciśnienia w masie cząsteczki w czasie $dt$. Różniczka cząstkowa $\frac{dp}{dt}\,dt$ oznacza zmianę, którąby masa cząsteczki doznawała, gdyby nieporuszenie w swoim miejscu zostawała podczas obrotu koła. Dla punktu wewnątrz komórki skrzydlatej, odpowiadającego takiemuż punktowi w ze-

wnętrznym obszarze nieruchomemu, ciśnienie wzrasta podług $-\frac{dp}{ds}$ w kierunku obrotu w czasie drogi $V\,dt$. Zatem

$$\frac{dp}{dt}\,dt = -\frac{dp}{ds}\,V\,dt\,,$$

przez co poprzednie równanie zmieni się na

$$dp = \frac{dp}{dr}\,w\,dt + \frac{dp}{ds}\,(v - V)\,dt.$$

Ostatni wyraz równania tego odpowiada zmianie ciśnienia w *ruchu względnym* masy cząsteczki w kierunku $s$.

Jeżeli zatem równanie (6) pomnożymy przez $w\,dt$ (wstawiając $dr$ po prawej stronie za $w\,dt$), a równanie (7) przez $(v - V)\,dt$ i oba równania dodamy, otrzymamy

$$\frac{g}{\gamma}\,dp = \frac{v^2}{r}\,dr - w\,dw - v\,dv + V\,dv.$$

Równanie to należy zcałkować. Jest to ze względu na pierwszy i ostatni wyraz prawej strony równania, wtedy tylko możebnem, gdy dany jest związek między $v$ i $r$.

Dla poprzednio obliczonego kształtu skrzydeł było $v = \vartheta r$. Dla skrzydeł innego kształtu, w których $\frac{v}{r}$ nie jest ilością stałą, $v$ zależy nietylko od $r$, ale także od odległości, wziętego pod uwagę punktu, od powierzchni skrzydła, a to z przyczyny, iż oddzielne warstwy płynu, względnie jedna do drugiej, poruszają się nieprawidłowo Takich maszyn, jako nie nadających się do obliczania, nie bierze się tu pod uwagę.

Przyjmując zatem iż $v = \vartheta r$, wypada:

$$\frac{v^2}{r}\,dr = \vartheta^2 r\,dr$$

$$\text{i} \qquad V\,dv = \omega r.\vartheta\,dr\,,$$

które to wartości wstawiamy w równanie powyższe i całkując następnie w granicach od $r_1$ (promień wchodowy) i $r$, otrzymuje się:

$$\frac{(p-p_1)}{\gamma} = \frac{\vartheta^2(r^2-r_1^2)}{2g} - \frac{w^2-w_1^2}{2g} - \frac{v^2-v_1^2}{2g} + \frac{\omega\vartheta(r^2-r_1^2)}{2g}.$$

Jeśli chodzi o wyliczenie wytworzonej przez koło *różnicy cśnień* dla dwóch punktów, znajdujących się w granicach między promieniem wchodowym i wychodowym we wnętrzu koła, to ponieważ $v = \vartheta r$, pierwszy i trzeci wyraz prawej strony równania znika. Jeżeli zaś chodzi o oznaczenie, co ważniejszem jest, *wysokości* H wzniesionego płynu, która się składa z wysokości „ciśnienia i prędkości", należy w powyższem równaniu składowe prędkości $v$ i $w$ wyrazić w absolutnej wypadkowej prędkości $u$. Tym sposobem w granicach między promieniem wychodowym $r_2$ i wchodowym $r_1$ otrzyma się:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}\,,$$

$$H = \frac{(\omega + \vartheta)\,\vartheta}{2g}\,(r_2^2 - r_1^2) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (8).$$

Równanie powyższe służy do obliczenia pompy obrotowej.

*Wysokość* H *płynu wzniesionego* zawiera: wysokość rury ssącej, wysokość rury tłoczącej, prędkość wyrażoną w wysokości wzniesionego płynu i opór płynu. Jeśli np. ma się do podniesienia płyn o znacznym ciężarze gatunkowym z poziomu 3 *m*, poniżej środka pompy, do górnego poziomu na wysokość 10 *m* nad środkiem pompy, z prędkością 1 *m* w rurze tłoczącej, przyjmując na opór 20% całej wysokości, będzie:

$$H = \left(3 + 10 + \frac{1^2}{2{,}10}\right) 1{,}20 = 15{,}660\ m.$$

Jeżeli zaś wypada doprowadzić powietrze o ciężarze gatunkowym $\gamma = 1{,}25$ *kg* na $m^3$ do ciśnienia 375 *kg* na $m^2$ nad jedną atmosferę, czyli 375 *mm* słupowody, z prędkością 10 *m* na sek., to przy 15% oporu, będzie:

$$H = \left(0 + \frac{375}{1{,}25} + \frac{10^2}{2{,}10}\right) 1{,}15 = 350\ m.$$

*Promień początkowy* $r_1$ otrzyma się z rozmiarów przekroju dla objętości płynu Q przy prędkości przyjętej (1 względnie 10 *m/s*). Następnie oznacza się rozmiar promienia końcowego czyli wychodowego, który dla pomp wodnych przyjmuje się zwykle $r_2 = 2r_1$, a dla wentylatorów, odpowiednio do wysokości ciśnienia mającego się osiągnąć, od $r_2 = 2{,}5\,r_1$ do $3{,}5\,r_1$.

Pozostaje jeszcze w równaniu oznaczyć prędkości kątowe $\omega$ i $\vartheta$.

Dla skrzydeł w kierunku promienia (radialnych) wypada z równania (8):

$$\omega = \vartheta = \pm\sqrt{\frac{gH}{r_2^2 - r_1^2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (9).$$

W ogólności $\vartheta$ *zależy od krzywizny skrzydeł*. Z poprzedniego równania (2) wyprowadzając wartość $\vartheta$ i wstawiając ją w równanie (8), otrzyma się dla $\omega$ równanie, które uwzględniwszy iż liczba obrotów na minutę $n = \frac{30}{\pi}\,\omega$. przedstawi się:

$$n = \frac{30}{\pi}\,\omega = \frac{30}{\pi}\left[3\,\frac{w}{4}\,\frac{tg\,\varepsilon}{r} \pm \sqrt{\frac{gH}{r_2^2 - r_1^2} + \left(\frac{w}{4}.\frac{tg\,\varepsilon}{r}\right)^2}\,\right] \; . \; . \; (10).$$

Równanie powyższe rozjaśnia niektóre punkty niewyraźne; i tak: znak ujemny wskazuje, że maszyna funkcyonować może także obracając się w kierunku odwrotnym, tak jakby $\frac{tg\,\varepsilon}{r}$ było ujemnem, to jest ze skrzydłami o krzywiznie zwróconej naprzód; konstrukcya ta jest jednakże nieodpowiednią ze względu oporu powstającego z przyśpieszenia płynu w rurach i skrzynce, który z odpowiednią prędkością winien być popychanym przez koło; dla tego, skrzydła ze słabą krzywizną zwróconą naprzód, używane są tylko dla niewielkich wysokości (exhaustory).

Pompy te odznaczają się wolniejszym biegiem, ponieważ liczba obrotów potrzebuje być tylko równą różnicy obu wyrazów równania. Zresztą należy brać tylko znak dodatni.

Ostatni wyraz pod pierwiastkiem można opuścić, ponieważ jest mało znaczącym względnie do pierwszego. Pierwiastek daje wtenczas tę samą wartość, która stosuje się do skrzydeł radialnych i odnosi się także do szczególnego wypadku, gdy w kole łopatkowem zawarty płyn, wraz z nim się obraca, nie wypływając pod ciśnieniem osiągniętej wysokości płynu.

Pierwszy wyraz po prawej stronie równania oznacza *przyrost prędkości* spowodowany krzywizną skrzydeł. Naprzykład wentylator z prędkością $w = 9$ *m/s* i z krzywizną $\frac{tg\,\varepsilon}{r} = 3$ będzie musiał 200 obrotów więcej robić na minutę, aniżeli z prostemi skrzydłami.

Wstawiając wartość $w$ proporcyonalną do objętości płynu wzniesionego i opuszczając ostatni wyraz pod pierwiastkiem, otrzyma się równanie:

$$n = 1{,}14\,\frac{Q}{r.b}\,\frac{tg\,\varepsilon}{r} + \sqrt{\frac{900\,H}{r_2^2 - r_1^2}} \quad . \; . \; . \quad (11),$$

dające *najprostszy związek między najgłówniejszemi wartościami odnoszącemi się do pompy obrotowej.* Jeśli jest pożądanem powiększyć objętość wzniesionego płynu, nie zmniejszając przy tem prędkości, co pociąga za sobą praktyczne trudności, należy widocznie zmniejszyć wysokość wzniesionego płynu. Jeśli jednak chodzi o wentylator o jednakowem ciśnieniu, bez względu na większą lub mniejszą ilość spotrzebowanego

powietrza, należy przedewszystkiem uczynić $\frac{tg\,\varepsilon}{r} = 0$, tak że pierwszy wyraz znika i przez to $n$ i H będą niezależnemi od Q, przypuściwszy iż H i Q z innych względów na siebie wzajemnie nie wpływają. Wentylator zatem o prostych skrzydłach odpowiada maszynie o stałem ciśnieniu.

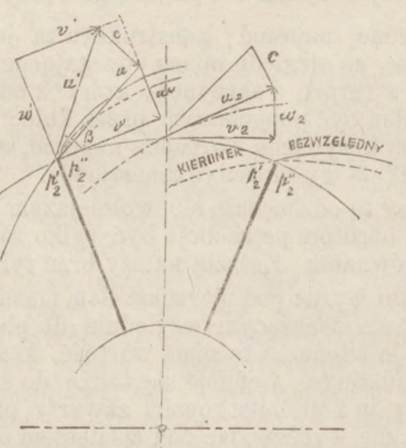
W pompach wodnych skrzydła wygięte są nietylko odpowiednie ze względu, iż dopuszczają pewne zmiany w wysokościach wzniesionego płynu, ale także ze względu na łagodność prądów przy wejściu i wyjściu wody.

Nie należy przywiązywać zbyt wielkiego znaczenia do *zasady łagodnego wpływu* i przyjmować ją za główną podstawę konstrukcyi. Prędkości bowiem wpływu są umiarkowane, a przytem kierunek i wielkość prądu nie mogą być naprzód dokładnie oznaczonemi w każdym punkcie. Ważniejszą jest prędkość przy *wypływie* z koła. Tam bowiem znaczne prędkości powodować mogą znaczną stratę energii. Zwracać też należy uwagę, nie tak na prędkość końcową, ile głównie na to co się dzieje w przestrzeni około koła skrzydlatego, skąd woda przechodzi do rury tłoczącej.

Ciśnienia zmieniają się nagle przy wypływie z koła skrzydlatego. Struga wypływająca z jednej komórki styka się ze strugami sąsiedniemi, jedną o wyższem, a drugą o niższem ciśnieniu. Skutkiem tego tworzy się prąd prostopadły do powierzchni oddzielającej obie warstwy i wytwarzający siłę składową dodatkową, działającą przy wypływie płynu. A przez to kąt siły wypadkowej płynu wypływającego z obwodem koła, będzie większy aniżeli wypadający z kierunku bezwzględnego wewnątrz koła.

Rozmiar tego ruchu można wyprowadzić z różnicy ciśnień z obu stron jednego skrzydła lub jednego odstępu między dwoma sąsiedniemi skrzydłami. Oznaczając przez $z$ liczbę skrzydeł, różnica ciśnień $\frac{dp}{ds}\,ds$ na szerokości jednego odstępu będzie (fig. 3):

Fig. 3.




$$p_2' - p_2'' = \int_0^{\frac{2\pi r_2}{z}} \frac{dp}{ds}\,ds\,.$$

Według równania (7) jest

$$\frac{dp}{ds} = -\frac{\gamma}{g}\,\frac{dv}{dt}\,.$$

Że zaś $v = \vartheta r$, a $\vartheta$ jest ilością stałą, przyśpieszenie płynu w kierunku stycznej do koła jest

$$\frac{dv}{dt} = \vartheta\,\frac{dr}{dt} = \vartheta w\,,$$

a na obwodzie koła jest $= \vartheta w_2$.

Po wstawieniu tych wartości, całkowanie daje dla różnicy ciśnień wartość:

$$p_2'' - p_2' = \frac{\gamma}{g}\,\vartheta w_2\,\frac{2\pi r_2}{z} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (12).$$

Z równania tego widać, iż różnica ciśnień nie daje się zmniejszyć bez powiększenia tarcia wody w kole łapotkowem. Prędkość spowodowana tą różnicą ciśnień będzie:

$$c = \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_2'' - p_2')} = \sqrt{\frac{4\pi r_2 \vartheta w_2}{z}} \;.\;.\;. \quad (13).$$

Powstaje ona raptownie przy końcu łopatki, zmniejszając się wkrótce w skutek zrównoważenia ciśnień. Kierunek jej jest normalny do kierunku strugi wytryskującej $u_2$. Największa zatem prędkość wypływu przy powierzchni oddzielającej dwie warstwy wypływające, będzie:

$$u' = \sqrt{u_2^2 + c^2} = \sqrt{w_2^2 + v_2^2 + \frac{4\pi w_2 v_2}{z}}\,.$$

Dla $z = 6 = 2\pi$, $u' = w_2 + v_2$.

Chociaż warstwa wypływająca w jednakowym stopniu, z każdej strony, podlega zmianom prędkości i kierunku, środkowy jej słój zmian tych nie doznaje, ponieważ ciśnienia znoszą się we wnętrzu warstwy, jako skierowane w stronę przeciwną ruchowi słoi bocznych.

Na tę nieunikniona różnicę warstw wypływających, należy tem więcej zwrócić uwagę, iż sprzeciwia się ona użyciu łopatak kierowniczych, dla przejęcia wody wypływającej, które tylko szkodzić mogą prawidłowemu funkcyonowaniu pompy. Idzie tu głównie o *skierowanie warstw wypływających bez kotłowania, bez wirów* i *zniesienie prądu w kierunku promienia.* Dla zużytkowania energii tego prądu, w postaci powiększonego ciśnienia, a nie pod postacią wytwarzającego się — skutkiem wzajemnego uderzania się cząsteczek — ciepła, wypada krzywiznę rury wypływającej wydłużyć i przestrzeń okalającą koło łopatkowe powiększyć, lecz nie w kierunku szerokości, ale raczej promienia. Wynikające, w skutek ruchu w kierunku promienia, powiększenie wysokości ciśnienia w przestrzeni okalającej koło łopatkowe wyrazi się bez strat przez

$$\frac{p_2' - p_2''}{\gamma} = \frac{w^2}{2g}\,,$$

gdzie $w$ mieści się między wartościami $w_2$ i $u'\sin\beta' = w^2 + c\frac{v_2}{u_2}$. Zmniejsza się domniemaną stratę przez zmniejszenie $w_2$, to jest biorąc dostatecznie szerokie koło łopatkowe bez zwężenia, a więc z szerokością stałą dla pomp wodnych. W płynach elastycznych straty w skutek uderzania się cząsteczek płynu są mniejsze, ponieważ u nich z przyrostem ciepła zwiększa się ciśnienie, które następnie jest zużytkowane, co nie ma miejsca z wodą. Zwężenie jednakże obwodów kół łopatkowych, w kierunku szerokości, zmniejsza sposobność wzajemnego przenikania się warstw.

Pozostała *prędkość w kierunku stycznej na obwodzie koła* mieści się między $v_2$ i $u'\cos\beta' = v_2 - c\frac{w_2}{u_2}$. Ze względu na tarcie, które powoduje stratę energii proporcyonalną do kwadratu prędkości $\zeta\frac{v^2}{2g}$, należy się starać utrzymać tę prędkość jak najmniejszą, przyjmując tem mniejszą wartość dla $\vartheta$, im większe $\omega$, to jest używając łopatek o *znacznej krzywiznie.* Okoliczność ta jest ze względu na wybór krzywizny $\frac{tg\,\varepsilon}{r}$ nader ważną.

Prędkość obrotowa w każdym razie nie powinna *być zanadto wielką*; jednocześnie starać się należy o zmniejszenie oporu, przez użycie gładkich okrągłych ścian skrzynki, bez poprzecznych szwów w średnicy, które nigdy dokładnie nie pasują. Unikać jednak należy, przyjmując jak *najmniejszą prędkość odpływu* i dając jej przy tem o ile możności kierunek promienia, zmniejszania jednocześnie prędkości w kierunku stycznej. Przy wyłącznym *odpływie w kierunku promienia*, woda wyrzucona w przestrzeń okalającą koło skrzydlate, kotłując i zatrzymując się usiłowałaby przyjąć kierunek wsteczny, nimby uniesiona przez tarcie o koło nie znalazła ujścia w rurze tłoczącej. Dla tego nie należy się starać

o zmniejszenie prędkości w kierunku stycznej $v_2$, choćby przez to osiągało się zwolnienie biegu lub powiększenie objętości wzniesionego płynu. W samej rzeczy woda w przestrzeni naokoło koła łopatkowego nietylko trze się o ściany skrzynki, ale także o wodę wyrzuconą przez koło; oprócz tego ze zmniejszeniem się $v_2$ w skutek znacznej krzywizny łopatek powiększa się liczba obrotów maszyny, co wykazują równania a zatem tarcie panewek i t. d. Nareszcie z długością łopatek powiększa się także i opór w samem kole łopatkowem.

Z powyższego wypływa, iż prędkość płynu w kierunku stycznej nie powinna być bez potrzeby *zanadto wielką, ale przedewszystkiem i nie zamałą.* Idzie przytem głównie nie tyle o wyznaczenie pewnej wartości kąta krańcowej krzywizny w łopatce, ile głównie o to, aby przestrzeń na około koła odpowiadała, co do kształtu i wielkości, ruchowi i objętości płynu wypływającego z koła. Wypełnienie tego warunku pozostawione jest zmysłowi praktycznemu i wynalazczemu projektującego pompę.

Od krzywizny łopatek zależnemi są kierunek i wielkość prędkości.

Podaję tu dwa przykłady, dla pokazania w jaki sposób należy postępować przy zastosowaniu wyprowadzonych równań i wzorów.

Niech będzie najprzód do obliczenia pompa wodna mająca podnosić objętość $Q = 0,03\ m^3$ na sekundę na poprzednio wzmiankowaną wysokość $H = 15,660\ m$. Rura ssąca przy prędkości $u_s = 1\ m$ na sek. będzie miała przekrój

$$\frac{\pi d_s^2}{4} = \frac{Q}{u_s} = \frac{0,030}{1}\ m^2 = 300\ cm^2,$$

skąd $d_s = 196$ lub 200 *mm*. Jeśli woda wchodzi tylko jedną stroną, daje się promień przy wejściu $r_1 = 0,5 \infty 0,6\, d_s = 100\ mm$ i $r_2 = 2 r_1 = 200\ mm$. Nadajmy taką szerokość łopatkom — którą zresztą przypuszczamy jako stałą — aby przy 80% powierzchni zużytkowanej, prędkość w kierunku promienia była $w_1 \leq u_s$, a mianowicie przy $r_1$ była $= 1\ m$ na sek., wtedy

$$b = \frac{Q}{0,8 (2 \pi r_1) w_1} = \frac{0,030}{0,8 . 2 . \pi . 0,100 . 1} = 60\ mm.$$

Przy tem

$$w_2 = \frac{r_1}{r_2} w_1 = \frac{0,100}{0.200} 1 = 0,5\ m \text{ na sek.}$$

Jeśli się nada taką krzywiznę łopatkom, aby przy $r_1$ kąt wchodowy $\varepsilon_1 = 60^0$, natenczas

$$\frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2} = \frac{1,732}{0,100^2} = 173,2.$$

Kąt obejmujący łopatkę jest przy tem

$$\varphi' = \left(\frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2}\right) . \frac{r_2^2 - r_1^2}{2} = 173,2 . \frac{0,2^2 - 0,1^2}{2} = 2,6,$$

a w stopniach

$$\varphi = \frac{180}{\pi} 26 = 149^0.$$

Jest to za wiele; dla tego oznaczy się krzywiznę dla $\varphi = 90^0$, stawiając

$$90^0 . \frac{\pi}{180} = \left(\frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2}\right) . \frac{0,2^2 - 0,1^2}{2},$$

a stąd obliczy się

$$\frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2} = \frac{\pi}{0,03} = 100;$$

będzie zatem $\operatorname{tg} \varepsilon_1 = 100 . 0,100^2 = 1$, czyli $\varepsilon_1 = 45^0$; $\operatorname{tg} \varepsilon_2 = 100 . 0.200^2 = 4$, czyli $\varepsilon_2 = 76^0$.

Równanie zaś główne (10):

$$\omega = 3 \left(\frac{r w \operatorname{tg} \varepsilon}{4 r^2}\right) + \sqrt{\frac{g H}{r_2^2 - r_1^2} + \left(\frac{r w \operatorname{tg} \varepsilon}{4 r^2}\right)^2}$$

$$= 3 \left(\frac{0,100 . 1}{4} . 100\right) + \sqrt{\frac{9,81 . 15,660}{0,2^2 - 0,1^2} + \left(\frac{0,100 . 1}{4} . 100\right)^2}$$

$$= 7,5 + \sqrt{5130 + 6,25} = 7,5 + 71,7 = 79,2.$$

[Przyjmując $\frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2} = 0$, to jest łopatkę prostą w kierunku promienia, byłoby $\omega = 71,7 = \vartheta$ i $n = \frac{30}{\pi} \omega = 685$ obrotów na minutę; przytem $V_2 = v_2 = 14,34$]. Przy wartości jednakże $\frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2} = 100$, jest $\omega = 80$ i $n = \frac{30}{\pi} \omega = 736$. A więc

$$\vartheta = \omega - r w . \frac{\operatorname{tg} \varepsilon}{r^2} = 80 - 0,100 . 1,100 = 70.$$

Prędkości przy obwodzie (fig. 4) będą następujące:

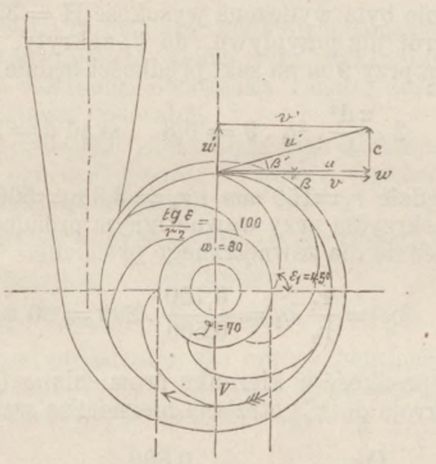
$$V_2 = \omega . r_2 = 80 . 0,2 = 16\ m \text{ na sek.};$$

$$v_2 = \vartheta r_2 = 70 . 0,2 = 14 \quad „$$

$$w_2 = \frac{r_1}{r_2} = w_1 = 0,5\ m \text{ na sek.};$$

$$u_2 = \sqrt{v_2^2 + w_2^2} = 14 \quad „$$

Fig. 4.



Różnica ciśnień z obu stron łopatki odpowiada wysokości płynu

$$\frac{p'' - p'}{\gamma} = \frac{\vartheta w_2 2 \pi r_2}{g z} = \frac{70 . 0,5 . 2 . \pi . 0,2}{9 . 81 . 6} = 0,75\ m \text{ słupowody.}$$

Temu odpowiada prędkość

$$c = \sqrt{2 g \frac{p'' - p'}{\gamma}} = \sqrt{2.9.81.0,75} = 3,83\ m \text{ na sek.},$$

tak że

$$u' = \sqrt{u_2^2 + c^2} = \sqrt{14^2 + 3,83^2} = 14,5\ m \text{ na sek.}$$

Składowa w kierunku promienia będzie

$$w' = w_2 + c \frac{v_2}{u_2} = 0,5 + 3,83 \frac{14}{14} = 4,33\ m \text{ na sek.},$$

a w kierunku stycznej:

$$v' = v_2 - c \frac{w_2}{u_2} = 14 - 3,83 \frac{0,5}{14} = 13,86\ m \text{ na sek.}$$

Kierunek warstwy wypływającej przy końcu łopatki jest

$$\operatorname{tg} \beta' = \frac{w'}{v'} = \frac{4,33}{13,86} = 0,312,\ \beta' = 17^0\ 20',$$

zaś dla środka warstwy

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{w}{v} = \frac{0,5}{14} = 0,0356 \quad i \quad \beta = 2^0\, 0'.$$

Ruch w kierunku promienia w przestrzeni okalającej koło zmniejsza się, ruch zaś w kierunku stycznej cokolwiek się powiększy, może z 14 i 13,86 na 14 przecięciowo; z czego trzeba cokolwiek odliczyć i na tarcie. *Przekrój* wypływu wody z przestrzeni okalającej koło łopatkowe będzie

$$\frac{Q}{v} = \frac{0,030}{14}\, m^2 = 21,4\, cm^2,$$

Przypuściwszy potrzebę w danym razie, powiększenia objętości mającej być wzniesionej wody do podwójnej ilości, przekrój będzie $2 . 21,4 = 42,8\, cm^2 = 60\, mm \times 70\, mm$ i prędkość z 14 przy normalnej objętości wody zmniejszyłaby się do $\frac{0,030}{42,8}\, cm^2 = 7\, m$ na sek. Straty jednakże spowodowane tarciem i wzajemnem uderzaniem się cząsteczek płynu starać się należy zmniejszać odpowiednim kształtem przestrzeni okalającej koło łopatkowe, która stopniowo rozszerzając się przyjmuje średnicę rury tłoczącej 200 *mm.*

Powiększając nieodpowiednio *przestrzeń okalającą koło łopatkowe*, sprowadza się znaczną stratę energii przez tarcie i błąd ten napotyka się często w pompach centryfugalnych.

Jako przykład II niech będzie do obliczenia *wentylator* dla $Q = 0,8$ *km* na sek. i 375 *mm* ciśnienia nad 1 atmosferą. Poprzednio była wyliczona wysokość $H = 350\, m$. *Obustronny* przekrój dla przypływu, do $^2/_3$ zakryty, dla danej ilości powietrza przy 9 *m* na sek. prędkości będzie:

$$2 . \frac{\pi d^2}{4} . {}^2/_3 . 9 = 0,8\,, \quad \text{skąd } d = 290\, mm.$$

Niech będzie $r_1 = 150\, mm$ i $r_2 = 3,3\, r_1 = 500\, mm$; szerokość zmienna skrzydła przy wewnętrznym promieniu $b_1 = 200\, mm$ i odpowiednio dla zewnętrznego promienia

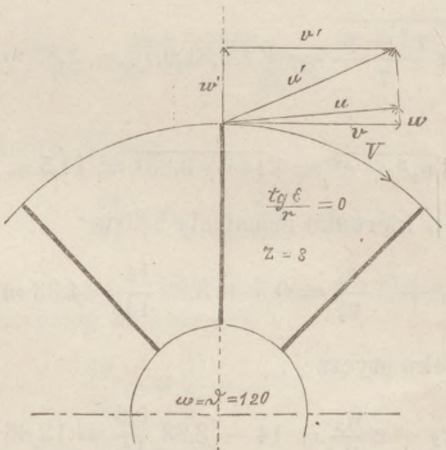
$$b_2 = \frac{r_1}{r_2}\, b_1 = \frac{0,150}{0,500} . 200 = 60\, mm\,,$$

przez co prędkość w kierunku promienia *w* (przy ograniczeniu przekroju do $^5/_6$) otrzyma nieznaczną wartość

$$w = \frac{Q}{{}^5/_6\, 2\pi r_1 b_1} = \frac{0,800}{{}^5/_6 . 2\pi . 0,150 . 0,200} = 5\, m \text{ na sek.}$$

Co do krzywizny skrzydeł niech będzie dla porównania raz $\frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r} = 0$, a drugi raz znaczna wartość $\frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r} = 6,67$, jak to wskazują fig. 5 i 6.

Fig. 5.




W obu razach prędkość obrotowa będzie

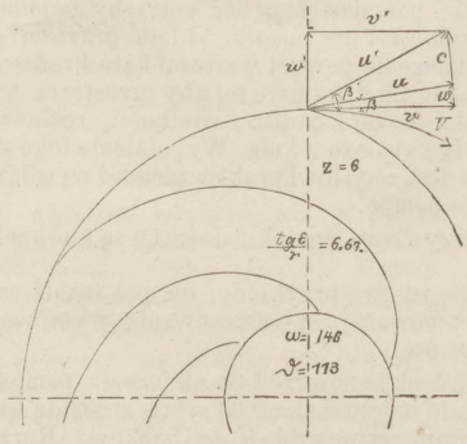
$$\omega = 3 . \frac{w}{4} . \frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r} + \sqrt{\frac{gH}{r_2^2 - r_1^2} + \left(\frac{w}{4}\,\frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r}\right)^2}$$

$$= 3 . {}^5/_4 \left(\frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r}\right) + \sqrt{\frac{9,81 . 350}{0,5^2 - 0,150^2} + \left({}^5/_4\,\frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r}\right)^2}$$

$$= 3,75\, \frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r} + 121,5$$

$$= 121,5 \text{ dla } \frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r} = 0 \text{ i } = 25 + 121,5 = 146,5 \text{ dla } \frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r} = 6,67.$$

Fig. 6.




W pierwszym razie $n = \frac{30}{\pi}\, 121,5 = 1160$. Prędkości przy ujściu (dla $\omega = 120$) są:

$$V_2 = v_2 = \omega r_2 = 120 . 0,500 = 60\, m \text{ na sek.}; \quad w_2 = 5\, m \text{ na sek.};$$

$$u_2 = \sqrt{v_2^2 + w_2^2} = 60,2\, m \text{ na sek.};$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{w_2}{v_2} = {}^5/_{60} = 0,0833; \quad \beta = 4^0\, 45'.$$

Różnica ciśnień przy skrzydle jest

$$\frac{p'' - p'}{\gamma} = \frac{\vartheta\, w_2\, 2\pi r_2}{g . z}, \text{ a przy 8 skrzydłach } \frac{120.5.\pi.0,5}{9,81 . 8} = 24\, m,$$

a przy 6-u skrzydłach będzie $^8/_6 . 24 = 32\, m$.

Tej różnicy ciśnień odpowiada prędkość

$$c = \sqrt{2g . 24} = 22\, m \text{ na sek.}$$

A zatem $u' = \sqrt{u_2^2 + c_2^2} = 64\, m$ na sek. ze składowemi

$$w' = w_2 + c\, \frac{v_2}{u_2} = 5 + 22\, \frac{60}{60,2} = 27\, m \text{ na sek.}$$

i $\quad v' = v_2 - c\, \frac{w_2}{u_2} = 60 - 22\, \frac{5}{60,2} = 58,2$ i z kierunkiem

$$\operatorname{tg}\beta' = \frac{w'}{v'} = 0,464\,;$$

$\beta' = 24^0.55'$ (w przeciwstawieniu do $\beta = 4^0.45$ w środku warstwy).

Dla krzywych skrzydeł $\frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r} = 6,67$ przyjmuje się

$$\operatorname{tg}\varepsilon_1 = 6,67 . r_1 = 1 \quad i \quad \varepsilon_1 = 45^0.$$

Kąt zawartości skrzydeł w stopniach

$$\varphi = \frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r}\, (r_2 - r_1)\, \frac{180}{\pi} = 133^0.$$

Przy $w = 146,5$, ilość obrotów *n* będzie $n = \frac{30}{\pi}\, \omega = 1400$ na minutę. Dalej jest $\vartheta = \omega - w\, \frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{r} = 146,5 - 5 . 6,67 = 113,2$,

a więc $\quad v_2 = \vartheta\, r_2 = 56,6\, m$ na sek.; $w_2 = 5\, m$ na sek.;

$$u_2 = 56,8\, m \text{ na sek.}$$

Przy 6-u skrzydłach będzie

$$\frac{p''-p'}{\gamma} = 30,1\ m \quad i \quad c_2 = 24,3\ m \text{ na sek., skąd}$$

$$u' = 61,7\ m \text{ na sek.}; \quad w' = 29,2; \quad v' = 54,4 \quad i$$

$$\beta' = 28^0.15' \quad a \quad \beta = 6^0.30'.$$

Pomimo zmniejszenia prędkości w kierunku stycznej o jakie 7%, użyciem wentylatora skrzydełek wyginanych okazuje się bez wartości, tak ze względu *na praktyczne niedogodności, jak również ze względu na powiększoną o 20% ilość obrotów.*

# ANALIZA
# ELEKTRO-CHEMICZNA.

Podług dzieła „Electrochemical Analysis" prof. Edgara Smitha

OPRACOWAŁ

**Dr. Albert Mizerski.**

Znaczna liczba związków chemicznych rozkłada się pod działaniem prądu elektrycznego. Rozkład tego rodzaju nazywa się *elektrolizą*, a substancya poddana tejże *elektrolitem*. Produkty rozkładu zostały nazwane *anionami* i *kationami*, zależnie od tego, czy się wydzielają u *anody* t. j. bieguna dodatniego (+P), czy też u *katody* t. j. bieguna odjemnego (—P) bateryi.

To zachowanie się związków zostało z wielką korzyścią zastosowane przez analityków nasamprzód do wydzielania metali z ich roztworów, a następnie po gruntownem zbadaniu elektrolitycznego zachowania się ich soli, do ilościowego oznaczania i oddzielania metali za pomocą elektrolizy.

Metoda elektrolityczna zaleca się szczególną czystością, szybkością i ścisłością swych oznaczeń, i to zwłaszcza w takich razach, w których zwykłe metody nie dają zadawalniających rezultatów. Na zdanie to każdy niezawodnie się zgodzi, kto ma w pamięci używane zwykle metody wagowe do oznaczania miedzi, kadmu, bizmutu i t. d.

W wykładzie przedmiotu niniejszego dziełka autor przyjął taki porządek, iż najprzód wyłoży działanie prądu na roztwory niektórych więcej znanych soli, następnie poda krótki opis różnych sposobów otrzymywania prądu elektrycznego, jego mierzenia i kontrolowania, i nakoniec wyszczególni wszystkie te metale, które zostały zbadane pod względem elektrolitycznym. Obszerniejszy rozdział będzie poświęcony opisom różnych sposobów oznaczeń i oddzieleń, stanowiących dość poważną liczbę, aby przekonać, jak szerokim może być zakres zastosowania analizy elektrochemicznej.

*1. Działanie prądu elektrycznego na kwasy i sole.*

| | | | −P | | +P |
|---|---|---|---|---|---|
| Kwas chlorowodorny | + prąd | = | Wodór | + | Chlor |
| Chlornik miedzi | „ | = | Cu | + | $Cl_2$ |
| Chlorek cynku | „ | = | Zn | + | $Cl_2$ |
| Kwas azotny | „ | = | H | + | $NO_2 + O$. |

W tym ostatnim przypadku wodór działa właśnie w dalszem następstwie na resztę nierozłożonego kwasu azotnego, wytwarzając ($NH_3$) i wodę.

Azotan ołowiu + prąd = Pb + $NO_2 + O$.

Tym razem wywiązany tlen działa na drugą cząsteczkę azotanu ołowiu i wytwarza dwutlenek ołowiu:

$$Pb(NO_3)_2 + O_2 = PbO_2 + 2NO_2 + O_2,$$

który osadza się na biegunie dodatnim.

| | | | p. biegunie — | | p. biegunie + |
|---|---|---|---|---|---|
| Azotan miedzi | + prąd | = | Cu | + | $(NO_3)_2$ |
| Kwas siarczany | „ | = | $H_2$ | + | $SO_4$. |

Przy tych rozkładach zachodzą często odczyny drugorzędne; i tak, w ostatnim przykładzie grupa $SO_4$ oddziaływa na obecną wodę:

$$SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O,$$

przyczem wywiązany tlen przechodzi do elektrody dodatniej. Przy elektrolizie siarczanu miedzi zachodzą analogiczne, jak przy elektrolizie kwasu siarczanego, odczyny drugorzędne:

| | | | p. biegunie — | | p. biegunie + |
|---|---|---|---|---|---|
| Siarczan potasu | + prąd | = | $K_2$ | + | $SO_4$. |

Przy tym rozkładzie wydzielony potas działa na wodę, przyczem wywiązuje się wodór i wytwarza wodan potasu.

*Bourgern* zauważył następujące rozkłady kwasu mrówkowego, octowego, szczawiowego oraz ich soli:

1) *Kwas mrówkowy.* Rozkład tego ciała może być wyrażony przez dwa równania:

$$a) \quad CH_2O_2 = \underset{-\text{bieg.}}{H} + \underset{+\text{bieg.}}{(COH + O)}$$

$$b) \quad 2(COH + O) = CH_2O_2 + CO_2.$$

Podczas rozkładu mrówczanu sodu, dwutlenek węgla i kwas mrówkowy wydzielają się przy anodzie, wodór zaś i wodan sodu przy katodzie.

2) *Kwas octowy.* Przy elektrolizie rozcieńczonego kwasu octowego wywiązuje się wodór przy elektrodzie odjemnej, mieszanina zaś tlenu, dwutlenku i małej ilości tlenku węgla przy elektrodzie dodatniej.

3) *Kwas szczawiowy.* Elektroliza tego kwasu, dokonana prądem 4-ch ogniw *Bunsena*, wywołała rozkład dający się wyrazić w następujący sposób:

$$C_2H_2O_4 . 2H_2O + \text{prąd} = 3H_2 + 2CO_2 + O_2;$$

wywiązany tlen działa na resztę kwasu:

$$2C_2H_2O_4 + 2H_2O + O_2 = 4CO_2 + 4H_2O,$$

tak iż ostatecznymi produktami są: czysty dwutlenek węgla przy elektrodzie dodatniej i wodór przy biegunie odjemnym.

Rozkład szczawianu potasu daje się określić w następujący sposób:

$$C_2K_2O_4 = \underset{-\text{bieg.}}{K_2} + \underset{+\text{bieg.}}{2CO_2},$$

wydzielony metal i dwutlenek węgla działają w dalszem następstwie:

$$2H_2O + K_2 = 2KHO + H_2 \quad i$$

$$2CO_2 + 2KOH = 2KHCO_3.$$

Szczawian amonu, poddany tym samym warunkom elektrolizy, wydziela wodór przy elektrodzie odjemnej: a węglan amonu przy elektrodzie dodatniej. Węglan amonu rozczepia się w dalszym ciągu na amoniak i dwutlenek węgla.

Elektroliza kwasu bursztynowego dokonywa się z trudnością. Przy rozkładzie tegoż zauważonymi produktami u elektrody dodatniej były zazwyczaj tlen i oba tlenki węgla. Przy elektrolizie bursztynianu sodu otrzymał *Kekulé* wodór przy katodzie i dwutlenek węgla oraz etylen przy anodzie.

Kwas winny + prąd dał przy —biegunie wodór, przy +biegunie kwas octowy, $CO_2$, CO i O; przy elektrolizie zaś winianu potasu wydzieliły się jako ostateczne produkty: przy katodzie wodór i potas, przy anodzie zaś kwaśny winian potasu, oba tlenki węgla i tlen. Alkaliczny roztwór winianu potasu wydzielał przy katodzie wodór, przy anodzie zaś kwas octowy, oba tlenki węgla, tlen i etan ($C_2H_6$).

Powyższe przykłady, przytoczone dla wyjaśnienia natury rozkładu, dokonywającego się pod działaniem prądu, ułatwia w wysokim stopniu zrozumienie istoty odczynów zachodzących podczas zwykłych oznaczeń elektrolitycznych.

Szczegółowych objaśnień pod tym względem można zaczerpnąć z dzieła *Tommasi'ego* „Traité théorique et pratique d'Electrochimie".

*2. Ohm, Wolt i Amper.*

Wyrażenia te dają się określić w następujący sposób:

Ohm—jest jednostka oporu, której wartość wyraża się słupem rtęci mającym przy temp. 0° jeden metr długości i jeden milimetr kwadratowy w przekroju.

Wolt—jest praktyczna jednostka siły elektro-wzbudzającej (elektromotrycznej) wyrażanej symbolem (E. M. F.). Jest to siła elektro-wzbudzająca, która daje prąd wytworzony przez 1-go Ampera, przy oporze 1-go Ohma.

Amper — jest praktyczną jednostką natężenia prądu. Jest to prąd wywołany przez siłę elektro-wzbudzającą, równą 1-mu Woltowi, przy oporze 1-go Ohma.

$$A = \frac{V}{O}.$$

*Uwaga.* Pojęcia określone wyrazami Wolt, Amper i Ohm, tak często zachodzącemi przy opisie wszelkich urządzeń elektro-technicznych, dają się popularnie objaśnić przez porównanie przewodnictwa elektrycznego do zachowania się wody w rurze wodociągowej.

Ruch wody w rurze jest możliwym tylko przy różnem ciśnieniu na obu końcach tejże. Od różnicy tej zależną jest ilość wody, jaka przepływa przez rurę w 1 sekundzie. Ta ilość wody zwiększa się oczywiście z średnicą rury, i odwrotnie zmniejsza się w prostym stosunku do przeszkód, jakie woda napotyka w rurze.

Otóż podobnie jak woda w rurze, zachowuje się prąd elektryczny w przepływie swoim przez przewodnik, np. drut metaliczny.— Różnice ciśnienia określili elektrycy wyrazem „Wolt", od nazwiska słynnego fizyka *Wolta*.

Zależną od średnicy drutu ilość prądu nazwali „Amperem", od nazwiska wielkiego fizyka *Ampère'a*, i nakoniec opór, jaki napotyka elektryczność w przepływie przez drut, nazwali „Ohmem", od sławnego elektryka *Ohma*.

*Historya elektrolizy.*

Chociaż w pierwszych latach bieżącego wieku ogół uczonych objawił niezwykłe zainteresowanie się dla badań elektrycznych, to jednak odnośne doświadczenia ówczesne miały na względzie przeważnie tylko stronę fizykalną zjawisk elektrolitycznych. Pierwszy pomysł zastosowania prądu elektrycznego do wykrywania metali w ich roztworach zawdzięczamy (1850) prawdopodobnie *Gaultierowi de Claubry*. Głównym celem jego doświadczeń było wydzielanie i osadzanie metali z trucizn na płytkach platynowych. Postępował on przy tych doświadczeniach w następujący sposób: Gdy uznał, iż dany metal został całkowicie strącony, wyjmował płytki z roztworów, przemywał je starannie i strącony metal rozpuszczał w kwasie azotnym dla dalszego oznaczenia podług zwykłych metod analitycznych. Posługiwał się widocznie prądem bardzo słabym, gdyż dla dokonania całkowitego rozkładu potrzebował od 10 do 12 godzin. *Gaultier* uważał tę metodę za zupełnie wypróbowaną we wszelkich przypadkach polecając ją szczególnie do wydzielania miedzi z chleba.

Dla wykazania cynku używał anody z płytki cynowej, nadmienia jednak, iż płytka platynowa okazuje się nie mniej skuteczną.

W podręczniku *Graham-Otto* z 1857 jest wzmianka o tem „iż tlen wywiązany u elektrody dodatniej posiada w wysokim stopniu własność wytwarzania nadtlenków metali; iż ołów i mangan zostają strącone z swych roztworów przy dodatnim biegunie bateryi w postaci dwutlenków;... że zatem drut platynowy, przyczepiony do anody ogniwa, jest czułym odczynnikiem na ołów i mangan. W temże samem dziele utleniające własności anody są pięknie wykazane przez następujące proste doświadczenie: kawałek żelaza połączony z dodatnią elektrodą bateryi, wprowadza się do jednego ramienia rurki szklannej w kształcie *V* zawierającej stężony ług potażowy, podczas gdy w drugiem ramieniu tejże znajduje się drut platynowy w połączeniu z elektrodą odjemną. Zaledwie w tych warunkach baterya zacznie działać, już pojawia się kwas żelazowy naokoło anody wywołując znamienne zabarwienie roztworu.

*Despretz* (1857) opisując rozkład niektórych soli pod działaniem prądu elektrycznego podaje ten szczegół, iż operując z roztworami octanów miedzi i ołowiu spodziewał się ujrzeć oba metale strącone u bieguna odjemnego, znalazł natomiast ku wielkiemu zdziwieniu swemu ołów strącony w postaci dwutlenku u anody, miedź zaś wydzielona równocześnie w stanie metalicznym u katody. Te same rezultaty ujawniły się przy powtórzeniu doświadczenia z czystemi azotanami i octanami. Sole manganowe nie dawały żadnego osadu metalicznego u bieguna odjemnego, natomiast wydzielały czarny tlenek manganu u bieguna dodatniego. Winian antymono-potasowy dawał krystaliczny osad metalicznego antymonu u katody podczas gdy anoda pokrywała się żółto-czerwoną warstwą, prawdopodobnie, wskutek wytwarzania się bezwodnika kwasu antymonowego. Azotan bizmutu wydzielał czerwono-brunatny osad u bieguna dodatniego. Artykuł swój kończy *Gaultier* uwagą, „iż przytoczone przez niego fakty, choć nieliczne, są nowemi pod względem zachowania się ołowiu, bizmutu i manganu i że nakoniec działaniem prądu miedź daje się prawie całkowicie oddzielić od ołowiu".

W trzy lata później (1860) *C. d. Bloxam* zalecił sposób *Gaultier'a* do wykrywania metali w mieszaninach organicznych. Wypada tu jednak nadmienić, iż według twierdzenia *Smee'a*, wypowiedzianego w jego dziele o Elektrometalurgii (1851), *Morton* pierwej niż *Gaultier* użył prądu elektrycznego do wydzielania metali z mięszanin trujących.

Jakkolwiekbądź, pozostanie faktem, iż *Bloxam* używał prądu w szerokiej mierze do tego celu i że chociaż nie poparł metody przez podanie ilościowych rezultatów, to jednak zastosowany przez niego przyrząd oraz następne prace w tym kierunku zasługują na uznanie.

Dla wykrycia arszeniku sposobem elektrolitycznym używał on małego stożka szklannego, objętości 5 cali sześciennych, o dnie pergaminowem szczelnie przytwierdzonem do stożka za pomocą cienkiego drucika platynowego. Słoik ten był szczelnie zamknięty mocnym korkiem, przez który przechodziła zgięta pod kątem prostym rurka szklanna, służąca do odprowadzania wytworzonego wewnątrz stożka gazu, oraz drut platynowy, połączony na zewnątrz z odjemnym biegunem bateryi, a drugim końcem wewnątrz stożka z miseczką platynową, pogrążoną w mięszaninie arszenikowej, zaprawionej rozcieńczonym kwasem siarczanym. Słoik ten był umieszczony w drugiem większem naczyniu, napełnionem wodą, w której był zanurzony dodatni biegun bateryi. Pod działaniem prądu metale jak: antymon, miedź, rtęć i bizmut zostały strącone na platynowej miseczce elektrody odjemnej, podczas gdy arsen przechodził jako arsenowodór szklanną rurką do odpowiedniego płynu absorbcyjnego.

Dla przekonania się, jaki metal cz. jakie metale zostały strącone u katody, zdejmował z niej platynową miseczkę po przerwaniu prądu i traktował takową gorącym siarkiem amonu. Pojawiająca się po odparowaniu tegoż roztworu plama pomarańczowego zabarwienia świadczyła o obecności antymonu. Jeśli zaś na miseczce platynowej pozostawał przylegający do niej osad metaliczny, rozpuszczał go w kwasie azotowym dla dalszego badania na metale.

*J. Nicklès* (1862) strącał srebro działaniem prądu jednego ogniwa z cynku i miedzi. Elektrodę dodatnią tegoż ogniwa stanowił kawał grafitu ołówkowego, odjemną zaś cienki drut miedziany. Srebro strącało się na ostatniej przy prądzie bardzo słabym, niewytwarzającym wodoru u katody. *Nicklès* zalecił także stosowanie tego sposobu do strącania znacznych ilości srebra z jego roztworów cyjankowych. W tym celu radził używać cylindrycznej katody z łatwo topliwego stopu, któryby po dokonaniu elektrolitycznego strącenia mógł być usunięty przez wytopienie z pozostawieniem osadzonej na nim blaszki srebra. Miedź, ołów, bizmut i antymon zostały przez *Nicklèsa* strącone z tkanin, sposobem elektrolitycznym.

W r. 1862 bracia *A.* i *E. Becquerelowie* podjęli na nowo swe badania elektrochemiczne, rozpoczęte przez nich przed 40 laty. Doświadczenia ich zdaje się miały głównie na celu wynalezienie szybkiej i zadawalniającej metody technicznej strącania metali z roztworów na wielką skalę; nie ujawniły bowiem żadnych prób ani rezultatów w kierunku oznaczeń ilościowych. *Wöhler* (1868) zauważył, iż pallad znajdując się jako biegun dodatni dwóch ogniw *Bunsena* w wodzie zakwaszonej kwasem siarczanym, pokrywał się nalotem szarostalowej mieniącej się barwy, podczas gdy u katody osadzał

się czarny bezkształtny metal w niewielkiej ilości. Mieniący się nalot na anodzie uważał *Wöhler* za dwutlenek palladu, gdyż przy traktowaniu kwasem solnym lub przy ogrzaniu z kwasem szczawiowym wywiązywał się z niego Cl ew. $CO_2$.

W podobnych warunkach również ołów i tal wytwarzają odpowiednie dwutlenki. Osm, w swym zwykłym dziurkowatym stanie skupienia, zamienia się od razu na kwas osmny, w roztworze zaś alkalicznym wywołuje szybkie żółte zabarwienie tegoż, podczas gdy na katodzie pojawia się cienki osad metalu. Ruten zachowuje się w podobny sposób jeśli jest użyty w stanie sproszkowanym. Stop z osmu i irydu, trudno rozkładający się w zwykłych warunkach rozpuszcza się natychmiast przy zetknięciu się z roztworem ługu sodowego zabarwiając tenże na żółto; przy czem czarny osad metalu pojawia się zwolna przy biegunie odjemnym.

Opisane dotąd doświadczenia dotyczą tylko jakościowych rezultatów. Pierwszą wzmiankę o ilościowem oznaczaniu metali sposobem elektrolitycznym uczynił *Gibbs* (1864) ogłaszając rezultaty swych doświadczeń z miedzią i niklem. *Luckow* odnośnie tej publikacyi, mówi w rok później: „ośmielam się zwrócić uwagę na to, iż co się tycze oznaczania miedzi, oznaczałem ten metal tymże sposobem już przed 20 laty, oraz że po rok 1860 używałem prądu elektrycznego do ilościowego strącania miedzi przy różnych rozbiorach". *Luckow* zaproponował dla tej nowej metody ilościowej analizy nazwę „Analizy metaloelektrycznej". (Elektro-Metall-Analyze). Według tegoż autora prąd elektryczny daje się stosować w następujących przypadkach:

1) Dla rozpuszczania metali i stopów w kwasach, które nie działają na takowe bez współdziałania prądu elektrycznego.

2) Do wykrywania metali jak mangan i ołów i oddzielania takowych w postaci nadtlenków, manganu zaś w postaci kwasu nadmanganowego.

3) Do oddzielania różnych metali np. miedzi i manganu od cynku, żelaza, kobaltu i niklu.

4) Do ilościowego strącania i oznaczania metali z roztworów, kwaśnych alkalicznych i obojętnych.

5) Do różnych redukcyi np. chlorku srebra, zasadowego chlorku bizmutu i siarczanu ołowiu, w celu oznaczenia w nich metali; do odtleniania kwasu chromnego np. dwuchromianu potasu w zakwaszonym roztworze na tlennik chromu.

Ten szereg zastosowań obejmuje prawie to wszystko, co później za pomocą prądu było dokonanem. *Luckow* w tymże samym artykule, w którym zwraca uwagę na wymienione co dopiero fakty, opisuje także szczegółowo swój sposób postępowania przy strącaniu metali. Rozpatrując się dziś w owych dawniejszych doświadczeniach, trzeba podziwiać staranność i ścisłość, z jaką były przeprowadzone w każdym szczególe. *Luckow* zauważył również, iż wszystek ołów zostaje strącony z danego roztworu jako dwutlenk przy elektrodzie dodatniej, i że z przyrostu wagi tejże ostatniej może być ilościowo oznaczonym. Spostrzeżenie to zostało w zupełności potwierdzone przez *Hampea*, a później jeszcze przez *W. C. May'a*.

*Wrightsen* (1876) zauważył, iż elektrolityczne strącenie miedzi z roztworów jest w wysokim stopniu zależnem od obecności innych metali; tak np. w razie znajdowania się antymonu obok miedzi, strącanie tejże ostatniej było zawsze niezupełnem, jeśli zawartość antymonu wynosiła od $^1/_4$ do $^2/_3$ miedzi. Natomiast przy małej zawartości antymonu rozdzielenie obu tych metali może być zupełnem. Według *Wrihgtsona* również inne metale zachowują się w podobny sposób. Strącanie kadmu cynku, kobaltu i niklu okazało się niedostatecznem. *Lecoq de Boisbaudran* (1877) poddał elektrolizie alkaliczny roztwór metalu gallu 20—30 $cm^3$ działając nań prądem sześciu ogniw *Bunsena*. Osadzony metal dał się łatwo oddzielić od elektrody odjemnej przez zanurzenie tejże w gorącej wodzie i lekkie nagięcie. Zauważona przez *Wrightsona* niedogodność zachowania się roztworów cynku została szczęśliwie usunięta (1872) przez *Parodiego i Mascanniego* w skutek zastosowania roztworu siarczanu cynku, zaprawionego nadmiarem octanu amonu. Ołów został również strącony w zbitym stanie z alkalicznego roztworu winianu tegoż metalu w obecności octanu potasu.

Po doświadczeniach *Luckowa* z manganem mało już zdaje się, zwracano uwagi na ten metal, dopóki *Riche* (1878) nie ogłosił swych rezultatów. Sprawdzając spostrzeżenia *Luckowa* zauważył on, iż mangan zostaje całkowicie strącony nie tylko z roztworu swego siarczanu, ale także z roztworu swego azotanu, czyniąc w ten sposób możliwem elektrolityczne rozdzielenie manganu od miedzi, niklu, kobaltu, cynku, magnezu, oraz od ziem alkalicznych i alkaliów. Osadzony dwutlenek manganu zalecił *Riché* starannie suszyć, zamienić przez wyprażenie na półtoratlenek i zważyć jako taki. Zdaniem tego chemika, już jedna milionowa część grama manganu (0,000001), poddana działaniu prądu, dawała wyraźne różowe zabarwienie, dostrzegalne nawet przy dziesięciorakiem rozrzedzeniu.

Do strącania cynku zalecił *Riché* używać roztworu octanu cynko-amanowego z nadmiarem kwasu octowego.

*Luckow* pierwszy zauważył, iż prąd elektryczny powoduje strącanie się rtęci w stanie metalicznym z kwaśnych roztworów przy elektrodzie odjemnej. *T. W. Clarke* używał w tym celu roztworu chlorniku rtęci, słabo zaprawionego kwasem siarczanym. Strącenie było dokonanem w miseczce platynowej działaniem sześciu ogniw *Bunsena*. Najpierw strącał się chlornik rtęci, który jednakże stopniowo redukował się na rtęć metaliczną *S. B. Hanny* (1873) zalecał już pierwej osadzenie tego metalu z roztworów jego siarczanu—nie podał jednak rezultatów.

Również *Clarke* rozpoczął doświadczenia z kadmem—nie otrzymał jednak zadawalniających rezultatów. W kilka miesięcy później (1878), udało się autorowi strącić kadm całkowicie oraz w zbitym stanie z roztworu octanu tegoż metalu. *Yver* (1880) oparł na tem zachowaniu się kadmu jego oddzielenie od cynku. Dalej zauważył autor, iż kadm, sprzecznie z spostrzeżeniem *Wrightsona*, może być strąconym z roztworów swego siarczanu. W tymże samym czasie została całkowicie rozdzielona miedź od kadmu przez poddanie elektrolizie roztworu tychże metali w obecności wolnego kwasu azotnego.

*Beilstein* i *Sawein* ogłosili w r. 1879 bardzo pomyślne rezultaty oznaczenia cynku i kadmu w roztworach podwójnych cynków tychże metali.

*Henryk Fresenius* i *Bergmann* (1880) zauważyli, iż elektrolityczny rozkład roztworów kobaltu i niklu dokonywał się najlepiej w obecności nadmiaru amoniaku i siarczanu amonu.

Dokonane przez nich doświadczenia z srebrem wykazały, iż oznaczenie tegoż wypadało najkorzystniej przy zastosowaniu roztworów z nadmiarem kwasu azotnego, oraz przy użyciu słabego prądu. Autor wykazał (1880), iż przy elektrolitycznem traktowaniu roztworów octanu manganu, strącał się man w postaci wodanu swego tlennika, oraz że molybden mógł być strącony również jako wodan z gorących roztworów molybdenianu amonu w obecności wolnego amoniaku. Bardzo obiecujące rezultaty otrzymano z solami wolframu, wanadu i ceru.

W późniejszej swej rozprawie (1880) wielce zasłużony na polu badań elektrolitycznych *Luckow* opisał szczegółowo szereg swych spostrzeżeń poczynionych w tymże przedmiocie. Dotyczą one przeważnie jakościowego zachowania się różnych związków. Ze względu na wielką doniosłość zauważonych przez niego faktów, uważamy za stosowne przytoczyć je w streszczeniu.

Prąd elektryczny działając na kwaśny roztwór chromianu potasu, odtlenia kwas chromny tegoż na tlennik chromu i odwrotnie alkaliczny roztwór tlennika chromu pod działaniem prądu wytwarza chromian potasu. W podobny sposób zachowują się kwasy: arsenowy, arsenawy, rozpuszczalne żelazo cyjanki (tak zwane ferro i ferri cyanki), oraz kwas azotny. W obecności kwasu siarczanego tlenniki żelaza i manganu odtleniają się na niższe stopnie utlenienia. Z alkalicznych roztworów siarkonów, podsiarkonów i siarków wytwarzają się pod wpływem prądu siarczany, z organicznych zaś soli węglany. Jednem słowem prąd elektryczny działa odtleniająco w roztworach kwaśnych, a utleniająco w roztworach alkalicznych. Z roztworów kwasów chloro-bromo-jodowodornego, żelazo-cyanowodornego (w obu odmianach), oraz siarkowodoru wydzielają się pod wpływem prądu wodór u bieguna elektroujemnego, a elektroujemne

składniki tychże u elektrody dodatniej. Cyjan podlega jeszcze dalszemu rozkładowi, wytwarzając jako ostateczne produkty dwutlenek węgla i amoniak. Przy elektrolizie cyanków żelaza w obu odmianach wytwarza się błękit berliński przy elektrodzie dodatniej. W rozcieńczonych roztworach chlorków jedynem produktem elektrolitycznego rozkładu jest kwas podchlorawy; w roztworach stężonych oprócz kwasu podchlorawego wytwarza się także chlor. W alkalicznych roztworach chlorków wytwarzają się chlorany. Bromki i jodki wydzielają brom i jod przy elektrodzie dodatniej, lub też bromiany i jodany w razie obecności metali z dwóch pierwszych grup. Cyjanek potasu zamienia się na węglan potasu i amonu. Stężony kwas azotny odtlenia się na kwas azotawy; odtlenienie to jednak nie ma miejsca w razie użycia kwasu c. w. 1. 2 a przynajmniej pod wpływem słabego prądu. Rozcieńczony kwas azotny, nawet w obecności kwasu siarczanego, nie odtlenia się na amoniak Jeśli jednak podczas działania prądu kwas azotny znajduje się w obecności siarczanu miedzi, natenczas wytwarza się siarczan amonu, przyczem miedź wydziela się przy elektrodzie odjemnej. Roztwory azotanów, zaprawione kwasem siarczanym, zachowują się w podobny sposób. Kwas fosforny nie podlega żadnej zmianie. Kwas krzemny wydziela się jako biała massa, a kwas borny, w postaci skupionych w grupy kryształów, przy elektrodzie dodatniej.

*Classen* i *Reiss* w sprawozdaniach niemieckiego Tow. Chem. ogłosili szereg prac w przedmiocie elektroliny. Pierwsza z nich ogłoszona w r. 1881, tom 14, 1662, poświęconą była osadzaniu metali z roztworów podwójnych szczawianów tychże. Opracowali oni także wyborną metodę oznaczania antymonu i cyny. Oprócz tego obmyślili i opisali wiele pożytecznych przyrządów do doświadczeń elektrolitycznych. To też przyznać trzeba, iż dopiero dzięki czynności szkoły Akwizgrańskiej analiza elektrochemiczna znalazła należne uznanie w szerszych kołach chemików. Szczegółowy opis ważniejszych metod, zaproponowanych przez *Classena* i jego współpracowników, będzie podany w dalszym ciągu naszego dziełka pod tytułem odnośnych metali.

Równocześnie z *Classenem*, a zupełnie niezależnie od niego, *Reinhard* i *Ihle*, zaproponowali zastosowanie podwójnych szczawianów do elektrolitycznego oznaczania cynku; dla ścisłości historycznej wypada tu także nadmienić, iż już w r. 1879, zatem na 2 lata wcześniej przed ogłoszeniem pierwszej pracy *Classena*, *Parodi* i *Mascanini* (Gazeta chimica italiana Vol. 8) ogłosili swoje spostrzeżenia dotyczące antymonu i żelaza, a mianowicie, iż oba te metale strącają się całkowicie w zbitym stanie: pierwszy z roztworu swego siarku, drugi z roztworu swego chlorku w obecności kwaśnego szczawianu amonii.

W r. 1883 *Gibs* zalecił używać do elektrolitycznego oznaczania rtęci, cynu i kobaltu zlewki szklannej, na dnie której znajduje się warstwa rtęci, zastosowana jako elektroda ujemna. Z wiadomej wagi zlewki i rtęci, oraz z przyrostu wagi po strąceniu metalu oraz odlania płynu daje się obliczyć ilość badanego metalu. Metoda ta nie daje się zastosować w razie obecności antymonu i arsenu.

W 3 lata później (1886) *Luckow* zalecił podobne postępowanie dla oznaczania cynku.

*Moore* (1886) ogłosił również nowe dane dotyczące oznaczania żelaza, kobaltu, niklu, manganu etc., o których wspomnimy przy opisie oznaczeń tychże metali.

Do najnowszych publikacyj dotyczących elektrolizy należą prace *Branel'a*, traktujące o rozdzielaniu różnych metali w roztworach ich pyrofosforanów; dalej prace *Smitha* i *Frankela*, którzy przeprowadzili obszerne badania nad podwójnemi cyjankami, podali kilka bardzo praktycznych nieznanych dotąd metod rozdzielania. Rezultaty tychże będą szczegółowo przytoczone w następującym rozdziale.

Kończąc ten krótki zarys osiągniętych rezultatów w dziedzinie analizy elektrochemicznej, podajemy zarazem następujące źródła literatury, dotyczące tego przedmiotu:

Jahrb. 1850, 602; C. r. 45, 449; Jr. f. pkt. Ch. 73, 79; Chem. Soc. Quart. Sourn. 13, 12; Jahrb. 1862, 610 Ann. 124, 131; C. r. 55, 18; Ann. 146, 375; Z. f. a. Ch. 3, 334; Ding, p. Jr. (1865), 231; Z. f. a. Ch. 8, 23, 11, 1, 9; 13, 183; Am. Ir. Sc. and. Ar. (3 ser.) 6,255. Z. f a. Ch. 15, 297; Ber. 10, 1098; Annales de Ch. et de Phy. 1878; Am. Jr. Sc. and Art. 16, 200; Am. Phil. Soc. Pr. 1878; Z. f a. Ch. 15, 303; Am. Ch. Jr. 2, 41; Berg.-Hütt. Z. 37, 41; Z. f. a. Ch. 19, 1, 314, 324; Am Ch. Jr. 1, 341; B. s. Ch. Paris, 34, 18; Ber., 12, 1446, 14, 1662, 2771; 17, 1611, 2467, 2931; 18, 168, 1104, 1787; 19, 323; 21, 359, 2892, 2900; Jr. f. pkt. Ch. 24, 193; Z. f. a. Ch. 18, 588; 22, 558; 25, 113; Chem. News. 28, 581, 53, 209; również i następujące polecają się szczególniejszej uwadze: Ann., 36, 32; 94. 1; Z. f. a. Ch. 19, 1; Berg.-Hütt. Z, 42, 377; Z. f. a. Ch. 22, 485.

## CZĘŚĆ SZCZEGÓŁOWA.

### *Oznaczanie różnych metali.*

### Miedź.

Literatura: *Gibbs*, Z. f. a. Ch. 3, 334; *Bersbaudran*, B. s Ch. Paris, 1867, p. 468; *Menick*, Am. Ch. 2, 136; *Wrightson*, Z. f. a. Ch. 15, 229; *Herpin*, Z. f. a. Ch. 15, 335; Moniteur Scientifique (3 ser.) 5, 41; *Ohl*, Z. f. a. Ch. 18; 523; *Classen* i *v. Reiss*, Z. f. a. Ch. 24, 246; 25, 113; *Riché*, Z. f. a. Ch. 21, 116; *Makintosch*, Am. Ch. Ir. 3, 354; *Rüdorff*, Ber. 21, 3050; *Luckow*, Z. f. a. Ch. 8, 23.

Rozpuść 19,6 *g* czystego siarczanu miedzi w wodzie i rozcieńcz roztwór do objętości 1 litra. 50 *cm* tegoż roztworu (= 0,25 *g* metalicznej miedzi) wlej za pomocą pipety do zważonej poprzednio parownicy platynowej o *czystej* i *gładkiej* powierzchni i połącz takową z bateryą, której prąd jest dostatecznie silnym, aby mógł strącić całą ilość użytej miedzi w przeciągu 10 do 12 godzin. Przyrząd może być zestawiony, jak wskazuje rys. 1

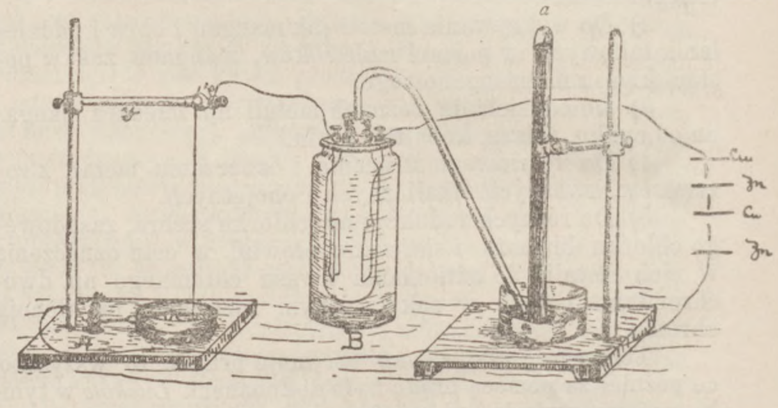


Fig. 1.

*A*, jest zwyczajnym statywem do filtrów, w podstawie którego jest umocowana zatyczka metalowa z ciężką obrączką miedzianą, służącą za podporę dla naczynia platynowego. Zatyczka ta jest połączoną z odjemną elektrodą bateryi

Rączka *y* jest również zaopatrzona zatyczką *p*, w której się styka biegun dodatni (gruby drut platynowy, zagięty u dołu w płaską wężownicę) z drutem miedzianym, należącym do anody bateryi (np. płyty miedzianej w ogniwie *Crowforta*). Wypada tu nadmienić, iż prąd, przed wejściem do elektrolitu, przechodzi przez naczynie *B* (t. j. woltametr *Bunsena*), rozkładając w niem zakwaszoną wodę wśród wywiązywania gazów, które się zbierają w rurce *d*. Objętość wywiązanych gazów służy do mierzenia siły elektrycznej prądu.

Miedź strąca się z wielką łatwością ze swych roztworów, zaprawionych kwasem azotnym lub siarczanym. Obecność kwasu chlorowodornego jest wykluczoną.

Zestawiwszy przyrząd w sposób dopiero co opisany, dodaj 9 — 10 kropli stężonego kwasu azotnego do roztworu elektrolitycznego i przykryj naczynie szkłem zegarkowem (z otworem w środku), dla uniknięcia możliwej straty płynu podczas rozkładu. O całkowitem strąceniu się metalu można się przekonać w dwojaki sposób: albo wlewając do parownicy trochę wody, albo też wyjmując z tejże kroplę płynu i stykając takową z kroplą wody amoniakalnej lub siarkowodorowej. W pierwszym razie brak osadu miedzi na świeżej, błyszczącej ścianie parownicy w ciągu pół godziny po nalaniu wody, w drugim zaś razie brak pojawienia się niebieskiego

zabarwienia odn. czarnego osadu przy zetknięciu się kropel, świadczyć będzie o całkowitem strąceniu metalu.

Ponieważ strącenie było dokonanem w kwaśnym roztworze, przeto prąd nie powinien być przerwanym, dopóki kwaśny płyn nie zostanie spuszczonym; w przeciwnym razie już ta krótka chwila, przez jaką kwas może pozostać w zetknięciu z metalem, wystarcza do rozpuszczenia małej ilości tegoż. Dla uniknięcia możliwej straty ściągnij przeto kwaśny płyn lewarkiem lub syfonem i przepłukuj parownicę destylowaną wodą, aż do zupełnego wydalenia kwasu. Wtedy dopiero przerwij prąd, zdejm parownicę z jej podpory i przemywaj osad najprzód gorącą wodą, potem alkoholem.

Osadzona miedź suszy się wraz z parownicą przy temperaturze nie przechodzącej 100° C., bądź to na kąpieli powietrznej, bądź też na podgrzewanej tekturze azbestowej lub płycie żelaznej. Parownicę waży się dopiero po ostygnięciu tejże aż do temperatury pokoju, w którym dokonywa się ważenie. Do zwykłego strącenia miedzi z kwaśnego rozcieńczonego roztworu jej siarczanu lub azotanu, wystarcza w zupełności prąd dający 0,3 — 0,5 $cm^3$ gazu tleno-wodornego na minutę.

Miedź można także strącać albo na wewnętrznej albo też, co niekiedy jest dogodniejszem, na zewnętrznej ściance tygla platynowego. W tym celu wlej do szklannej zlewki (100 — 250 $cm^3$ pojemności) płyn elektrolityczny i zawieś w nim tygiel, szczelnie osadzony na korku (fig. 2), przez który przechodzi aż na dno tygla gruby drut miedziany (*w*), połączony na zewnątrz z odjemną elektrodą bateryi. Elektrodę dodatnią stanowi w takim razie płytka platynowa zanurzona w płynie.

Przekonawszy się o zupełnem strąceniu miedzi (jednym z podanym wyżej sposobów), wyjmij tygiel z płynu, i po wymyciu osadzonej na nim miedzi wodą, odłącz ostrożnie tygiel od korka, wysusz i zważ, jak wyżej wskazano.

Nie mniej praktycznym okazał się przyrząd, pomysłu *Riché'go* (fig. 3). Składa się on z dwóch tygli platynowych, z których mniejszy jest zawieszony w większym oraz zaopatrzony w odpowiednie otwory, dla utrzymania jednakowej koncentracyi w w płynie.

Fig. 2.

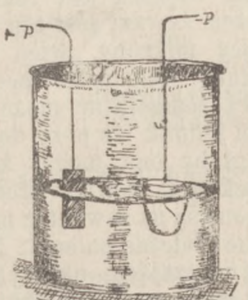
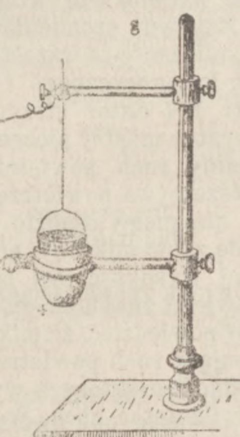


Fig. 3



Miedź można także strącić z roztworu jej szczawianu w obecności szczawianu amonu. W tym celu dodaj do roztworu miedzi (siarczanu lub chlornika tejże) stężonego roztworu szczawianu amonu w takim nadmiarze, aby cała objętość płynu nie przechodziła 170—200 *cm*. Prąd wywiązujący 0,1 — 0,2 $cm^3$ gazu tleno-wodornego na minutę, strąca w takich warunkach wszystką miedź z roztworu w przeciągu 10—12 godzin. Przy ogrzaniu roztworu podwójnego szczawianu miedzi i amonu do 70° C. i utrzymywaniu go w tej temperaturze podczas elektrolizy, całkowite strącenie miedzi może być dokonanem już po 4 lub 5 godzinach. Dla przekonania się o całkowitem strąceniu metalu, używaj żelazo cyanku potasu. Przemywanie i suszenie wykonywa się jak wyżej wskazano.

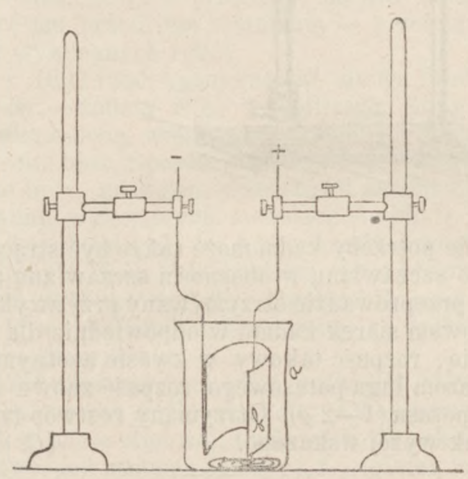
*Rüdorff* otrzymał znakomite rezultaty strącając miedź (prądem wytwarzającym 0.5 $cm^3$ gazu tleno-wodornego na minutę) z roztworu zawierającego 0,2 — 0,3 *g* miedzi metalicznej w 100 $cm^3$ wody, do którego dodawał 2 — 3 *g* azotanu potasu lub amonu oraz 10 $cm^3$ amoniaku.

*Moore* zaleca rozpuszczać świeżo strącony siarek miedzi, otrzymywany zwykłym sposobem analitycznym, w cyanku potasu i po zaprawieniu nadmiarem węglanu amonu poddawać roztwór taki elektrolizie przy temperaturze 70° C.

Do oznaczeń miedzi handlowej używał *Luckow* przyrządu przedstawionego na fig. 4. Zlewka (*a*) zawiera roztwór elektrolityczny, z którego miedź zostaje strącona na ścianach cylindra (*b*). Przyrząd ten nadaje się do wszelkich oznaczeń elektrolitycznych.

*Foote* opisał również (w Am. Ch. Ir. 6, 333) bardzo praktyczny przyrząd do elektrolitycznego strącania miedzi.

Fig. 4.



## Kadm.

Literatura: Ber. 11, 2048; *Smith*, Am. Phil. Soc. Pr., 1878; *Clarke*, Z. f. a. Ch. 18, 104; *Beilstein* i *Jawein*, Ber. 12, 759; *Smith*, Am. Ch Ir. 2, 42; *Luckow*, Z. f. a. Ch. 19, 16; *Wrightsen*, Z. f. A. Ch. 15, 303; *Classen* i *v. Reiss*, Ber. 14, 1628.

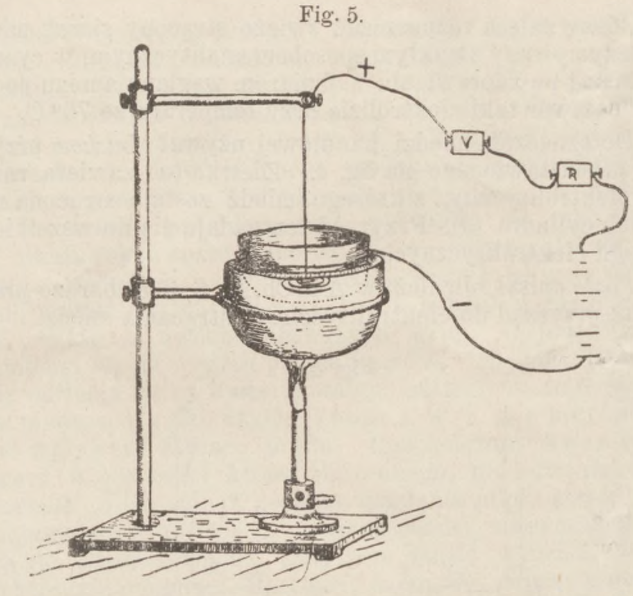
Kadm oznacza się elektrolitycznie również łatwo jak miedź. W tym celu przygotuj roztwór chlorku lub siarczanu kadmu, określonego stężenia i wlej $50^3 cm$ tegoż do odpowiedniego naczynia platynowego. Dodawszy następnie 1 *g* cyanku potasu oraz 100—150 $cm^3$ wody, połącz naczynie z 5 lub 6 ogniwami *Crowfoota*, tak jak było wskazanem przy postępowaniu z miedzią. Również i tutaj woltametr winien być wprowadzonym w obwód prądu. Prąd wytwarzający 0,3 $cm^3$ gazu elektrolitycznego na minutę, strąca 0,28 *g* metalu w przeciągu 10—12 godzin, tak iż rozpocząwszy elektrolizę wieczorem, zastaje się rano wszystek metal całkowicie strącony. Całkowite strącenie poznaje się najlepiej przez obserwacyę ściany naczynia po podniesieniu w tymże poziomu płynu. Podczas przemywania osadu można przerwać prąd bez straty metalu, skutkiem rozpuszczania się tegoż. Po przemyciu najprzód zimną potem gorącą wodą, suszy się osad na płycie żelaznej przy temp. nie przechodzącej 100° C.

Kadm można także strącać z roztworu jego siarczanu, zaprawionego słabym nadmiarem kwasu siarczanego (2 $cm^3$ $H_2SO_4$ c. wł. 1,09 na 0,1 *g* kadmu), używając do tego prądu dwóch ogniw *Bunsena* o złagodzonem natężeniu, w skutek wstawienia odpowiednich oporów (p. powyżej), tak aby nie wytwarzał więcej nad 5 $cm^3$ na minutę. Strącenie dokonywa się przy zwykłej temperaturze.

Również łatwo strąca się kadm w stanie krystalicznym z roztworu swego octanu. W takim razie zaprawiony kwasem octowym roztwór utrzymuje się podczas elektrolizy w temp. 70 — 80° C. Przyrząd może być ustawiony jak na fig. 5. Przedstawia on parownicę na kąpieli wodnej, połączoną z odpowiednim biegunem użytego ogniwa, którego prąd przechodzi przez *R* (ramę oporową) i *N* (woltametr). Kąpiel wodna może być zastąpioną przez tekturę azbestową. Prąd wytwarzający $1\frac{1}{2}$ do 2 $cm^3$ gazu elektrolitycznego na minutę strąca 0,12—0,15 *g* kadmu w przeciągu 5—6 godzin.

Dokonawszy strącenia wyjmij parownicę z obwodu prądu, przemyj osad wodą gorącą, potem alkoholem absolutnym, nakoniec eterem i susz na lekko podgrzanej płycie żelaznej.

Fig. 5.



W razie potrzeby kadm może także być strącony z roztworu swego szczawianu w obecności szczawianu amonu.

Chcąc przeprowadzić otrzymywany przy zwykłem oznaczaniu wagowem siarek kadmu w odpowiednie dla elektrolizy połączenie, rozpuść takowy w kwasie azotnym i strąciwszy nadmiarem ługu potasowego, rozpuść znowu w nadmiarze cyanku potasu (1—2 *g*). Otrzymany roztwór traktuje się następnie jak wyżej wskazano. (*C. d. n.*)

# KRYTYKA I BIBLIOGRAFIA.

**Krótki podręcznik fizyki,** ułożył *Wł. Połkotycki.* Warszawa 1892.

Brak podręczników fizyki oddawna dotkliwie w naszej literaturze pedagogicznej dawał się odczuwać. Wprawdzie przełożone zostały na język polski „Zasady fizyki" *Daniella*, a z drugiej strony *S. Kramsztyk* napisał „Wiadomości początkowe z fizyki", ale pomiędzy temi książkami brakowało dotąd pośredniej, przeznaczonej dla wieku od lat 12 do 15. Dawniej posiadaliśmy kilka podręczników w tym właśnie rodzaju, przetłomaczonych z obcego lub ułożonych oryginalnie — do nich należały fizyki: *Ganota* (1865), *Radwańskiego*, *Przystańskiego*, *Urbańskiego*, *Kramsztyka* (1876), ale dziś są to już rzeczy przestarzałe i nie odpowiadające najnowszym wymaganiom nauki. Zdaje się, że książka, którą trzymamy przed sobą, miała zapełnić ową lukę, przynajmniej tak każe wnosić jej treść. W ogóle biorąc, najtrudniej jest podobno pisać dobre podręczniki z tego średniego zakresu, ponieważ z jednej strony wymaga się od takiej książki wielkiej przystępności i objaśnienia zjawisk fizycznych w sposób trafiający do przekonania dziecka, z drugiej strony pewnej ścisłości osiąganej za pomocą środków zwykłej arytmetyki, lub, co najwyżej, początkowej geometryi; tak więc wymagalną jest tu do pewnego stopnia ścisłość bez uciekania się atoli do wyższej matematyki, tej potężnej dźwigni wszystkich nauk fizycznych. Taki podręcznik przeznaczony dla wieku średniego, czy to chłopców, czy dziewcząt gwoli łatwości nie powinien być wolnym od obliczeń i rozwiązań przykładów podawanych w celu stosowania praw fizycznych, w przeciwnym bowiem razie staje się poprostu banalnym i powierzchownym. Wykładający fizykę wiedzą, ile to nabiedzić się nieraz musi sumienny nauczyciel, aby powierzchowną książkę uczynić istotnie użyteczną. Z przyjemnością zaznaczyć muszę, że książka p. *Połkotyckiego* daleką jest od podobnego typu: treść jej wystarczająco jest obfita, wprowadzone są niezbędne obliczenia przy rozwiązaniu przykładów, dostateczna liczba zadań podana jest przy końcu pojedynczych rozdziałów. Widać też, że autor od początku i aż do końca książki starał się postawić ją na poziomie wiedzy przez objaśnienia i uwagi streszczające nowsze odkrycia w dziedzinie fizyki, tudzież przez tłomaczenie zjawisk fizycznych w sposób zgodny z pojęciami panującemi obecnie w fizyce. Przy tem wszystkiem nie mogę się powstrzymać od kilku uwag jakie mi się przy czytaniu książki nastręczyły.

W dążeniu swojem do zadośćuczynienia najnowszym teoryom szanowny autor posuwa się niekiedy zadaleko. Zaraz na str. 40 znajdujemy następującą charakterystykę eteru: „eter powszechny jest ciało (dla czego nie ciałem?) nadzwyczaj subtelne, posiadające własności ciała galaretowatego. t. j. nadzwyczajną spójność i sprężystość, w skutek czego ciepło i światło roznosi on z niezmierną szybkością w postaci ruchów falowych". Otóż zwróciłbym uwagę autora na to, że współczesna nauka dotąd jeszcze nie przestała nazywać eteru hipotetycznym, pomimo że istnienie jego tłomaczy nam zjawiska fizyczne, w szczególności elektryczne i świetlne. Nauka jest sceptyczna i dopóki istnienie eteru nie zostało stwierdzone w sposób niezaprzeczony, że się tak wyrażę namacalny, dopóty nie daje prawa do odzywania się o eterze z taką pewnością, jak to czyni autor w podręczniku elementarnym.

Nie wiem z jakiej racyi u spodu str. 97 autor utrzymuje, że „we wschodnich dzielnicach Europy i w Azyi, zmiany pogody zwykle nie zależą od stanu barometru", tak jakby one w ogóle kiedykolwiek od barometru zależały. Na str. 72 ciśnienie cieczy na dno czynia, które jak wiadomo równa się słupowi prostopadłemu cieczy wystawionemu na tem dnie, niezależnie od formy naczynia, nie jest zrozumiale wyłożone, szczególniej wypadek trzeci C: zamiast powiedzieć poprostu, że ciśnienie na zasadzie prawa *Pascala* działa tu jednostajnie z góry na dół na powierzchnię całego dna, autor mówi tu o parciu na boczne ściany z dołu do góry. Co do tej właśnie kwestyi niemcy dali bardzo przystępne objaśnienie, rozkładając ścianki naczynia na pojedyncze elementy (patrz fizykę *Müller-Pfaundlera*).

Również ustęp o machinach z rozszerzalnością pary na str. 182, jako zbyt lakoniczny, nie jest jasny. W ogóle w podręczniku o wiele lepiej jest opuścić pewną kwestyę, niźli traktować ją pobieżnie i niewyraźnie, w braku potrzebnego na to miejsca. Zdanie zaś u spodu tejże stronicy wyrażone: „W ogóle ciepło uważa się za najniższą formę energii, która sprawia jej degradacyę, czyli rozpraszanie się" nie jest dostatecznie uzasadnione i dla tego wydaje się poprostu jakimś paradoksem, który się tu całkiem przypadkowo znalazł. Zapewne promieniowanie ciepła powoduje stratę energii, okoliczność ta wszelako nie upoważnia bynajmniej autora do tak kategorycznego i poniekąd gołosłownego mówienia. Na str. 177 autor utrzymuje, że „im większą jest różnica temperatur między piecem i oknem, tem żywszy jest ten niewidzialny ruch powietrza zabijający mikroby, więc tem zdrowsze bywa powietrze w mieszkaniu". Nie będąc specyalistą, nie mogę osądzić jaka różnica temperatur może naprawdę zabić mikroby, przypuszczam jednak że przy dostatecznej wysokości tej różnicy, mogłaby ona nawet zabić i człowieka znajdującego się w mieszkaniu. O wiele prościej byłoby powiedzieć, że mikroby unoszone są na zewnątrz przez wstępujący ruch powietrza w kominie podczas palenia. Niedokładność niektórych wyrażeń jest uderzająca, naprzykład na str. 92 autor, chcąc wykazać dla czego gaz w zamkniętej przestrzeni okazuje ciśnienie na ściany, powiada: cząsteczki gazu zawartego w naczyniu, przebiegają przestrzeń między jego ścianami we wszystkich kierunkach, więc *bardzo często* uderzają się o te ściany i odbijają się od nich w odwrotnym kierunku. W imię kinetycznej teoryi gazu tutaj należałoby w każdym razie powiedzieć bez przerwy, albo ciągle, gdyby bowiem nie było owej ciągłości w działaniu, to i ciśnienie gazu również działałoby z przerwami.

Pojęcie potencyału w danym punkcie (patrz str. 284 u góry) jako „pracy, jaką należy wykonać aby przenieść jednostkę elektryczną z tego punktu do okolicy w której niema sił elektrycznych, to jest do nieskończoności lub co najmniej do ziemi, jeżeli się przypuszcza, że ziemia posiada absolutne zero potencyału elektrycznego" byłoby dobrem, gdyby wynikało z poprzedniego rozumowania. Autor zupełnie nie usprawiedliwił tu swojego przypuszczenia, dla czego w danym razie w nieskończoności niema sił elektrycznych, a zarazem dla czego wolno przyjąć, że ziemia posiada absolutne zero potencyału elektrycznego. Wątpię też, żeby ustęp cytowany w formie obecnej mógł inny skutek wywrzeć oprócz zamieszania w głowie ucznia.

Ustęp o kondensatorze (str. 294) o ile jest rozwlekły, o tyle zagmatwany i niezrozumiały. Już to samo, że uczeń widzi na rysunku taflę szklanną C, a o niej wzmiankę znajduje dopiero na samym końcu, może mu niemało przeszkadzać do zrozumienia ciężko wyłożonego miejsca.

Do niedokładności stylistycznych w książce zaliczamy ustęp następujący (str. 223): „Bezbarwne szkło posiada własność odbijania i przepuszczania wszystkich barwnych promieni w jednakowym stosunku, lecz szkło kolorowe, np. czerwone, z pomiędzy barwnych promieni białego światła, odbija i przepuszcza przeważnie promienie czerwone, pozostałe zaś w znacznej mierze pochłania; w skutek tego..." i tak dalej autor rozumuje w wesołem przekonaniu, że kolorowe szkło pochłania i odbija czerwień. Nie wiemy po co na str. 94 umieszczone zostały na rysunku barometru u góry litery BF, BT, P, GP, gdy o nich w tekscie nie ma wcale mowy.

Wyrażenie w ciągu zdania na str. 221: „cząsteczki szkła bywają dostrojone do chwytania i pochłaniania fal termicznych" jest równie nieszczęśliwe pod względem językowym, jak nic nie mówiące pod względem naukowym. Tegoż samego niepięknego wyrażenia używa autor, mówiąc o siatkówce oka na poprzedniej stronicy. Rozumie się, jest to rzecz gustu, wolelibyśmy jednakże zamiast wyrazu domniemany obraz, który p. *Połkotycki* wszędzie stosuje, widzieć obraz urojony, tak samo wyraz pryzmat zamiast nie naszej pryzmy. Nazwisko sławnego fizyka angielskiego *Joule'a* niepotrzebnie autor każe wymawiać z francuska *Żul*, gdy tymczasem brzmi ono *Dżaul*. Nie mamy też wyrazu gelatyna lecz żelatyna — o tem najlepiej wiedzą nasze panie gospodynie. Zamiast mówić powietrze spada, należałoby powiedzieć spływa, jak to zwyczaj uświęcił. Na str. 22 przekręcony został wyraz kalorescencya na kolorescencyę.

W podręczniku elementarnym szczególniej winniśmy przestrzegać prawidłowej pisowni polskiej i dobrej korekty, ponieważ czytają nas malcy, którzy łatwo mogą przejmować bąki językowe, a zresztą i samą książkę oceniać niewłaściwie. Tych ostatnich w niniejszym podręczniku, niestety nie brak; do takich należą: prubka, światłe (zamiast jasne), spaźniają się (w całej książce), porównując (w całej książce), skurzane, nurzenie oczów, zielonem płomieniem, ochroniając, pierwszy z nich wypycha drugiego (mowa o dwóch słupach powietrza) i t. d. Szukając znalazłoby się „prubek" języka polskiego więcej, bo książka jest duża i liczy 365 stronic.

*Stefan Stetkiewicz.*

# SPRAWOZDANIA Z POSIEDZEŃ stowarzyszeń technicznych.

Na posiedzeniu **Sekcyi I-ej (przemysłu technicznego) Warszawskiego Oddziału Towarzystwa pop. przem. i handlu,** odbytem w dniu 9 lutego r. b., po przeczytaniu i zaakceptowaniu protokółu z posiedzenia poprzedniego, p. *Cwikiel* inż. obznajmił obecnych z historyą, stanem i sposobem wykonania robot, uskuteczniamych w czasach ostatnich w celu wzmocnienia brzegów i regulacyi Wisły.

Zamulenie w r. 1889 smoka, czerpiącego wodę dla wodociągu m. Warszawy, było poniekąd powodem rozpoczęcia całego szeregu wyżej wspomnianych robót. Z polecenia ówczesnego ministra komunikacyj, a podług projektu obecnego zarządzającego warszawskim okręgiem komunikacyj p. *Kostenieckiego*, w roku 1885 rozpoczęto roboty w celu uregulowania koryta Wisły na długości 11 wiorst powyżej mostu Aleksandryjskiego, t. j. od mostu do Wilanówki i skierowania prądu w ten sposób, aby smok wodociągowy zapewnioną miał znaczną głębokość wody i nie narażony był na zamulenie. Koszt robót prowizorycznych obliczony był na rubli 1 700 000, z których rząd miał wyasygnować rub. 800 000, pół miliona magistrat m. Warszawy, resztę zaś spodziewano się otrzymać w przyszłości od rządu.

W r. 1885 na jesieni robotę rozpoczęto nadzwyczaj usilnie i wykonano takowych za sumę rub. 96 000, w następnym 1886 r. za sumę rub. 249 000, w r. 1887—za rub. 239 000, w r 1888 — za rub. 108 000, w r. 1889 — za rub. 47 000, i w r. 1890 — za rub. 90 000. Razem przeszło za sumę rubli 800 000. W sumach tych administracya za lat 7 wynosi rub. 61 000, a stała konserwacya wykonanych już robót rub. 83 000. Magistrat przyobiecanych funduszów wcale nie dostarczył.

Jakkolwiek w skutek niewyasygnowania na rok 1891 przez rząd jakiejkolwiek sumy na dokończenie projektowanych robót, roboty te były przerwane, korzyści osiągnięte jednakże dokonanemi dotychczas robotami są widoczne,— co uwidocznił prelegent planami sytuacyjnymi robót wykonanych i kierunku prądu rzeki za przeciąg lat 5-u. Sam fakt, iż smok wodociągowy w przeciągu lat 6-u nie był narażany na grożące mu przed tem zamulenia — przekonywa o pożyteczności wykonanych robót.

Na r. 1892 rząd wyasygnował znowu fundusz na regulacyę Wisły,— roboty więc w okolicach Kępy Gocławskiej uskutecznione będą, w dalszem rozwinięciu pierwotnego projektu w roku bież. Sposób, w jaki roboty wzmiankowane wykonywane były, prelegent przedstawił na licznych, nadzwyczaj starannie wykonanych, modelach (1 : 25) [1]. Roboty te po większej części polegały na wzmocnieniu brzegów, nadaniu im określonych form i kierunków, oraz budowaniu tam faszynowych i brukowanych. Ogólna długość tam wynosi wiorst 14, w okolicach miasta tamy są brukowane, po za miastem — faszynowe.

Na zakończenie prelegent poświęcił słów kilka sprawie zabezpieczenia smoka w ogóle. Obok zamulenia smokowi grozi, w porze zimowej, trudniejsze do pokonania niebezpieczeństwo, pod postacią śnieżycy, t. j. igiełek lodowych, tworzących się przy znacznym prądzie marznącej wody. Podczas zimy tegorocznej śnieżyca ta była powodem wstrzymania na czas pewien maszyn ssących, które okazały się pełnemi lodu. Sprawa śnieżycy nie ma związku z regulacyą Wisły, tem bardziej, iż powiększenie zagłębienia smoka, jak się okazało, nie wpływa na zmniejszenie niebezpieczeństwa. Na zapytanie p. *Kucharzewskiego* inż. jaki procent wartości robót regulacyjnych należy przewidywać na konserwacyę takowych, p. *Cwikiel* wyjaśnił iż, zdaniem jego, od 3 do 4% rocznie.

Na zakończenie posiedzenia p. przewodniczący przeczytał odezwę p. *Kunickiego*, z gubernii kijowskiej, przesyłającego Sekcyi I-ej dla oceny pancerz do kół wagonowych, zabezpieczający od wypadków. Do oceny wzmiankowanego przyrządu wybrano komisyę, składającą się z pp.: *Szenfelda*, *Wojno* i *Wasiutyńskiego*.

Na posiedzeniu tejże sekcyi, odbytem w dniu 23 lutego r. b., p. *Sommer* inż. wypowiedział dość obszerny referat o konstrukcyach systemu Monier.

Twórca systemu nowej omawianej konstrukcyi, ogrodnik francuski *Monier*, chcąc zbudować większe doniczki dla kwiatów w sposób trwały i tani — szkielet z drutu pokrył zaprawą cementową. Ta pierwsza próba dała początek nowemu systematowi konstrukcyi z zaprawy cementowej na podstawie drucianej.

System ten zaczęto wkrótce stosować we Francyi do innych celów, jak naprzykład do budowy zbiorników wody, gazu i t. p.,—nie znajdował on jednakże szerszego uznania z powodu braku jakichkolwiek danych, mogących dać wskazówki o jego wytrzymałości. Dopiero szereg prób i doświadczeń wykonanych, po większej części, w Niemczech — dostarczył danych praktycznych do obliczania wytrzymałości konstrukcyi systemu Monier. Jednem z pierwszych towarzystw pracujących na tem polu jest Towarzystwo akcyjne pod firmą *P. A. Waga*, z siedzibą główną w Berlinie w początku, a następnie prawie we wszystkich większych miastach Niemiec i państw ościennych. W Rosyi utworzone zostało oddzielne Towarzystwo akcyjne w Moskwie, z filiami w Petersburgu, Rydze i Warszawie.

Ogólnie systemowi Monier stawiano trzy zarzuty:

1) iż drut żelazny nie zabezpieczony jest od rdzewienia;

2) iż powierzchnia gładka drutu nie łączy się należycie z zaprawą cementową — i

[1] Modele te przeznaczone są przez prelegenta dla Inst. Inżynierów Komunikacyj w Petersburgu.

3) iż różnica rozszerzalności obydwóch tych materyałów (żelaza i cementu) wpływa ujemnie na układ, a szczególnie zaś w razie narażania go na zmianę temperatury.

Dokonane jednakże liczne i szczegółowe próby, między innemi prof. *Bauschingera* w Monachium wykazały, iż system prętów żelaznych wyśmienicie łączy się z zaprawą cementową. Zarzut zaś rdzewienia się żelaza nie może być uważany jako poważny,— zaprawa bowiem cementowa pochłania, dla należytego stwardnienia, znaczną ilość wody i już jej nie wydziela. Co się zaś tyczy zarzutu, wynikającego z mniemanej różnicy rozszerzalności materyałów składowych konstrukcyi Monier, to znaczna odporność sklepienia Monier o grubości 2 cali, narażonego w czasie pożaru (w d. 21 grudnia 1889 r.) fabryki spirytusu *Helbinga* pod Hamburgiem, pomimo oblewania rozpalonego sklepienia strumieniem wody — najlepiej świadczy o ogniotrwałości konstrukcyi Monier i nienaruszalności tejże z powodu zmiany temperatury.

Próby wykonane w Petersburgu, w obecności władz cywilnych i wojennych, a także w Warszawie, ostatecznie dowiodły znacznej przewagi, pod względem wytrzymałości konstrukcyi systemu Monier, nad dotychczas praktykowanemi konstrukcyami z cementu, cegły lub żelaza. Dla tego też system ten znajduje coraz większe zastosowanie jako sklepienia o znacznej rozpiętości: dla mostów dróg żelaznych, budynków mieszkalnych lub magazynów; jako dachy płaskie, kanały wentylacyjne, forsztowania, baseny, zbiorniki wody i gazu, tunele, wiadukty i t. p.

Koszt przytem konstrukcyi syst. Monier w wielu razach nietylko nie przekracza kosztu zwykle praktykowanych konstrukcyj, lecz często jest niższym.

Liczne fotografie konstrukcyj wykonanych, a także prób i obciążeń, objaśniały sposób stosowania, oraz i użyteczność konstrukcyj systemu Monier.

Na zakończenie posiedzenia pp. *Wojciechowski* inż. i *Wasilewski* inż. obznajmili obecnych z urządzeniami technicznemi w szpitalu dla obłąkanych w Tworkach. P. *Wojciechowski*, przy pomocy planu sytuacyjnego, uwidocznił sposób zaopatrzenia szpitala w wodę i światło, a także bliżej objaśnił urządzenia: kanalizacyi, pralni mechanicznej i kuchni parowej.

P. *Wasilewski* zaś bliższych udzielił wiadomości o oświetleniu elektrycznem, przytaczając wiele danych liczbowych, oraz i porównawcze ceny urządzeń, eksploatacyi i konserwacyi. *D.*

# KRONIKA BIEŻĄCA.

**Na katedrę inżynieryi w Politechnice ryskiej** powołanym został rodak nasz inżynier *Jan Benedykt Wodziński*, b. uczeń tejże szkoły. Wykłada on statykę graficzną oraz budowę mostów i tuneli. Wykład wstępny, p. n. „Budowa mostów w starożytności", przyjęli słuchacze z prawdziwem uznaniem. Pan *W.* objął katedrę po prof. *Gunstensenie*, powołanym przez ziomków, do Norwegii. Uprzednio wykłady te prowadzili prof. *Lany* (obecnie w politechnice w Hanowerze) i prof. *Ritter*, dzisiejszy dyrektor Politechniki w Zurichu, i zajmujący katedrę po sławnym *Cullmanie*.

*r.*

**Wystawa elektryczna w Moskwie.** W początkach czerwca r. b. otwartą zostanie w Moskwie pierwsza wystawa elektryczna, urządzona przez oddział moskiewski Cesarskiego ruskiego Towarzystwa technicznego.

Obszerny program wystawy, podzielonej na 8 grup, obejmie cały obszar elektrotechniki i jej zastosowań. Grupa V-ta pomieści wszelkie motory, zaś VII, najnowsze wynalazki i ulepszenia ze wszystkich gałęzi techniki, nawet nie będących w związku z elektrycznością.

Osoby, pragnące przyjąć udział w wystawie, mogą składać deklaracye do zarządu oddziału warszawskiego Towarzystwa popierania ruskiego przemysłu i handlu, który na życzenie oddziału moskiewskiego Cesarskiego ruskiego Towarzystwa technicznego, udziela osobom zainteresowanym potrzebne objaśnienia, programy i cenniki.

WSPOMNIENIE POŚMIERTNE.

## Ś. p. Tadeusz Chrzanowski.

Trzy wybitne osobistości rzucały blask, przez dwudziestu kilku laty, na nierównie mniej niż dziś liczny, zastęp inżynierów krajowych. Dwie z nich złożyliśmy już do mogiły. Zmarł najprzód najpopularniejszy i najwięcej zżyty z Warszawą *Józef Sporny*; zmarł wkrótce po nim najgłośniejszy ze swych prac dokonanych po za granicami kraju *Stanisław Janicki*. Opłakiwać dziś nam przychodzi zgon najzasłużeńszego, kierownika wielkich prac inżynierskich przeprowadzonych w kraju, w ciągu ostatnich lat trzydziestu, ś. p. *Tadeusza Chrzanowskiego*. Strata, jaką ponosimy w osobie najznakomitszego z inżynierów krajowych, potęguje się jeszcze żałobą ogółu po zgonie człowieka, nietylko wielkich zdolności i pracy, ale także podniosłego charakteru i zacnego serca. Byli podwładni zmarłego w różnych miejscowościach kraju wyrazili swój żal głęboki urządzeniem nabożeństw żałobnych za spokój jego duszy. Fakt to rzadki, świadczący wymownie jak piękne wspomnienie pozostawił zmarły w pamięci wszystkich, z którymi za życia zetknęły go losy.

Ś. p *Tadeusz Chrzanowski* urodził się na litwie w roku 1822. Synem był *Kazimierza Chrzanowskiego*, właściciela majątku Topolany w powiecie Białostockim. Gimnazyum kończył w Świsłoczy, następnie przebywał czas jakiś u ojca, podówczas administratora dóbr Zabłudowskich, należących do hr. *Neblińskiej*. Spełniając jego wolę wstąpił w r. 1841 do instytutu dróg i komunikacyj w Petersburgu, gdzie między innemi słuchał wykładów *Stanisława Kierbedzia*, późniejszego konstruktora słynnego mostu Mikołajewskiego w Petersburgu. Ukończył instytut w r. 1844 w stopniu inżyniera porucznika i rozpoczął pracę zawodową przy budowie drogi żelaznej Mikołajewskiej, łączącej ze sobą dwie stolice Cesarstwa. Po ukończeniu budowy, pracował przy eksploatacyi tej linii, jako naczelnik oddziału, a w r. 1856 odkomenderowany był do sporządzenia projektu drogi żelaznej między Donem a Wołgą.

Gdy według projektu *Stanisława Kierbedzia* rozpoczętą została w Warszawie budowa mostu Aleksandrowskiego, ś. p. *Chrzanowski*, podówczas inżynier komunikacyj w stopniu kapitana, powołany został na pomocnika konstruktora mostu, pułkownika inżynierów *Smolikowskiego*. Skłonny zawsze do matematycznych dociekań umysł zmarłego, nie mógł poprzestać na obliczeniach dokonywanych według znanych metod, a owocem jego własnych wywodów była praca p. t. „Wyznaczenie sił działających w krzyżulcach i ścianach pełnych pionowych belek mostów systemu amerykańskiego", ogłoszona drukiem w języku francuskim w Warszawie w r. 1860 [1]). Według wywiedzionych w niej wzorów autor obliczył krzyżulce mostu Aleksandrowskiego i ścianę pionową pełną mostu Britannia i otrzymał praktyczne sprawdzenie swej teoryi.

W r. 1861 ś. p. *Chrzanowski* przeprowadzał z polecenia rządu studya połączenia linią drogi żelaznej dworca kolei Petersburskiej na Pradze, przez most Aleksandrowski a dalej brzegiem Wisły, z banhofem kolei Warszawsko-Wiedeńskiej. W r. 1862 mianowany został na miejsce inż. *Smolikowskiego* pełniącym obowiązki konstruktora mostu Aleksandrowskiego, a w roku następnym zatwierdzony na tej posadzie i zaliczony do warszawskiego okręgu komunikacyj w stopniu inspektora. Budowę mostu Aleksandrowskiego ukończono w r. 1864, a już w roku następnym ś. p. *Chrzanowski* mianowany zostaje członkiem komitetu technicznego budowy drogi żelaznej Warszawsko-Terespolskiej. W roku 1866 powołuje go rada zarządzająca na stanowisko dyrektora. Oto co pisze o ówczesnej pracy zmarłego jeden z najbli-

żej go znających, p. *W. R.* w Tygodniku Ilustrowanym: „Podwójne więc zaciążyły na nim obowiązki: dopilnowania budowy i przygotowania przyszłej tejże drogi eksploatacyi. Całe szeregi młodzieży, często z uniwersyteckiem wykształceniem, lecz bez specyalnych uzdolnień, jakich służba dróg żelaznych wymaga, cisnęły się wówczas do tego przybytku pracy. Nowy dyrektor poręki swej nikomu nie odmawia, brakiem kwalifikacyi się nie zraża, staje się raczej instruktorem tej nowozaciężnej rzeszy, naucza, informuje, począwszy od dróżnika aż do szefa, i oto w ciągu lat kilku ta nowa kolej pod sterem znakomitego zwierzchnika zyskuje opinię wzorowej pośród innych. Młodzieńcom tym dziś już szronem siwizny pokryły się głowy, nie jeden wybitnego dobił się stanowiska, lecz czy jest ktokolwiek z nich, któryby ze czcią nie wspominał ówczesnego dyrektora, któryby sprawiedliwości jego nie wziął za przewodnią ideę własnego powołania, pracy za wzór, i nie miał uwielbienia dla jego niepokalanej prawości!...“

Pomimo powrotu do zajęć kolejowych, od których rozpoczął swoją karyerę, nie przestał ś. p. *Chrzanowski* zajmować się główną zawsze swą specyalnością, budową mostów żelaznych, i gdy w r. 1867 zaszła potrzeba, dla przedłużenia kolei Terespolskiej przez Bug do Brześcia Litewskiego, postawienia mostu na Bugu pod Terespolem, most ten zbudowany został według projektu zmarłego i pod jego osobistym kierunkiem. Po ukończeniu budowy wydał ś. p. *Chrzanowski* w Warszawie w r. 1871 wyczerpujący opis mostu w języku francuskim, ze szczegółowymi rysunkami [2]).

W tymże czasie poruszoną została stanowczo kwestya połączenia pod Warszawą dróg żelaznych lewego i prawego brzegu Wisły i ś. p. *Chrzanowski* przystąpił na żądanie władz Królestwa do sporządzenia przedwstępnego projektu mostu na Wiśle dla drogi obwodowej. W r. 1873 rozpoczęto budowę, której kierunek Ministeryum komunikacyj powierzyło zmarłemu, w charakterze inżyniera konstruktora. Odznaczający się lekkością kształtów most pod Cytadelą, obliczony został przez ś. p. *Chrzanowskiego* na podstawie zupełnie oryginalnych wzorów własnego wywodu: Wzmianka o tych nowych wynikach naukowych dociekań zmarłego w dziedzinie teoryi mostów żelaznych, a mianowicie o wzorze dla obliczenia przecięcia poprzecznego obciążonych słupów, podaną była w opisie mostu drukowanym w tem piśmie [3]). Budowa ukończoną została w r. 1875. Zarzucano autorowi projektu zbyt małą szerokość mostu, nie wystarczającą dla jednoczesnego przejazdu w obie strony. Nie było to jednak jego winą, lecz wynikiem postawionego przez komisyę ministeryalną koniecznego warunku nie przekraczania, zwykłej pod jeden tor kolejowy, szerokości mostu. Opis szczegółowy mostu pod Cytadelą, z wyszczególnieniem wszystkich przeprowadzonych obliczeń i całym szeregiem dokładnych rysunków ogłosił drukiem ś. p. *Chrzanowski* w r. 1877 [4]). W jednym z ustępów tej pracy podaje autor dowodzenie, że rusztowań przy składaniu belek głównych mostowych nie należy budować z wypukłością w pośrodku przęseł.



Jako zaszczytnie znanego w swym zawodzie inżyniera powołało ś. p. *Chrzanowskiego* w r. 1873 świeżo utworzone Towarzystwo drogi żelaznej Nadwiślańskiej na stanowisko inżyniera głównego budowy. Pod jego kierunkiem przeprowadzone zostały w r. 1874 ostateczne studya i opracowany projekt tej tak ważnego znaczenia dla naszego kraju arteryi komunikacyjnej. Była to epoka, w której zmarły pracował nadmiernie, będąc jednocześnie dyrektorem drogi Terespolskiej, konstruktorem drogi Obwodowej i mostu pod Cytadelą i inżynierem głównym budowy drogi Nadwiślańskiej. Ale do takiej właśnie pracy był jakby stworzony ś. p. *Chrzanowski*.

Wtedy też zwrócił on szczególną uwagę na projektowanie murowanych przyczółków i sklepień. Owocem prac jego nad tym przedmiotem była najprzód krótka, ale tak pod względem teoretycznym jak i praktycznym ze wszech miar zasługująca na odznaczenie rozprawa p. t. „Wyznaczenie grubości ścian murowanych podtrzymujących nasypy“, drukowana w tem piśmie w r. 1876 [5]). Piszący w parę lat później o tej samej kwestyi inżynier *Gobin*[6]), wywodami mniej udatnymi, doszedł do tych samych wyników. Następnie w r. 1877 ogłosił drukiem ś. p. *Chrzanowski* swą „Teoryę sklepień“ [7]), opartą na oryginalnem zupełnie przypuszczeniu, że część wierzchnią sklepienia, t. j. zawartą między punktami załamania, uważać można jako belkę, posiadającą wszystkie trzy składowe elementy (pas górny—samo sklepienie; pas dolny—działanie bocznych części sklepienia; krzyżulce — nadmurowanie),— części zaś boczne sklepienia— przyczółki. Praca ta, mająca niezaprzeczoną wartość teoretyczną, tłumaczoną była na język francuski przez inż. *J. Grabowskiego*.

Pod kierunkiem ś. p. *Chrzanowskiego* nastąpiło z wiosną r. 1874 rozpoczęcie robót około budowy kolei Nadwiślańskiej. Wynikłe wszakże, w skutku opóźnień przy zatwierdzaniu projektów w Petersburgu, nieporozumienia sprawiły, że zmarły opuścił wkrótce drogę Nadwiślańską i poświęcił się wyłącznie kończeniu budowy drogi Obwodowej i kierowaniu eksploatacyą kolei Terespolskiej.

W r. 1879 powołany został ś. p. *Chrzanowski* na przewodniczącego w komisyi wyznaczonej przez JW. Generał-Gubernatora do zbadania sprawy wodociągu w Warszawie. Raport tej komisyi, wykazujący niedostateczność ówczesnego zakładu wodociągowego, przyśpieszył rozpoczęcie budowy nowego wodociągu i kanalizacyi. Do ustanowionego w r. 1881 komitetu kanalizacyjnego wszedł zmarły z wyboru współobywateli i przez lat kilka prezydował w stałej komisyi technicznej, rozpatrującej wszystkie propozycye inż. *Lindleya*, przed ich przedstawieniem komitetowi w pełnym składzie.

Po szesnastu latach kierownictwa eksploatacyą drogi Terespolskiej, usunął się nieboszczyk w r. 1882 od obowiązków dyrektora i jeszcze przez rok tylko brał udział w sprawach tej kolei, w charakterze radcy technicznego. Czekały nań inne donioślejsze zajęcia inżynierskie. Ministeryum komunikacyj przejmowało właśnie od Zarządu wojennego dalszą budowę kolei poleskich. Chodziło o przeprowadzenie linii od Wilna do Rowna, przez błota pińskie i kierunek tak ważnej budowy postanowiono powierzyć ś. p. *Chrzanowskiemu*, jako jednemu z najznakomitszych konstruktorów w państwie. Budowa rozpoczętą została w r. 1883 a ukończoną w 1885. Linia ma 534 wiorst długości, mianowicie: od Wilna do Rowna 478, odnoga do Pińska 53 i gałąź przy Baranowicach 3. Wspaniałe album rysunków wykonawczych, odnoszących się do tej budowy, wydanem zostało w roku 1885 w Warszawie, staraniem inżyniera *H. Hussa* [8]).

Budową dróg poleskich zamknął ś. p. *Chrzanowski* wyjątkowo rozległą i świetną działalność swą inżynierską. Zamieszkał w Topolanach, które dawniej jeszcze przejął na własność i ostatnie lata swego życia, jak się to postronnym zdawać mogło, odpoczywał po spełnieniu tylu ciężkich prac technicznych. Ale dla umysłu tak czynnego i ten odpoczynek był pracą. Zajmowały zawsze zmarłego kwestye abstrakcyjne i nie było chwili w którejby nie rozmyślał i nie wywodził. Owocem tych wywodów była najprzód krótka, ale jędrna treścią rozprawka p. t. „Praca“, wydana w Warszawie w r. 1888 [9]). w której zestawiając wszystkie rodzaje pracy, mianowicie: mechaniczną, roślinną, zwierzęcą i ludzką, ściśle każdą z nich określił i doszedł do wniosku, że ciała fizyczne, rośliny i zwierzęta, pracując biernie, są tylko motorami transmisyjnymi siły nieznanej, działającej stale, jednostajnie, bez błędów i zboczeń i że przyczyną czynów ludzkich jest duch człowieczy, zależny tylko od siebie samego, samodzielny, ułomny wprawdzie lecz stale kroczący do doskonałości. Na jedną zwłaszcza cytatę w tej krótkiej rozprawce zwrócić należy uwagę, bo maluje ona usposobienie autora. Z wyjątku listu Karola Wielkiego przytacza ś. p. *Chrzanowski* że „chociaż lepszą jest rzeczą dobrze czynić, niżeli umieć, trzeba wprzód umieć niż czynić“. Tak też i zmarły nietylko starał się zawsze *czynić dobrze*, ale za główny warunek postawił sobie *by umieć*.

W ciągu trzech lat ostatnich swego życia wydał ś. p. *Chrzanowski* trzy tomy „Badań historyozoficznych“ [10]), rozwijając w nich świetny istotnie pomysł ujęcia dat historycznych w ściśle matematyczne prawa. Rzecz ta, przedstawiona ściśle matematycznie, byłaby niewątpliwie zainteresowała w wysokim stopniu specyalistów. Chęć spopularyzowania pomysłu pociągnęła za sobą zbyt szerokie rozwinięcie przedmiotu, a w dalszym ciągu krytyki, po większej części oparte na niewłaściwem pojęciu myśli autora.

Ciągłą pracą zapełnione życie śmierć przerwała w dniu 9 marca, budząc żal ogólny w kraju po zgonie zacnego i zasłużonego męża a w gronie inżynierów naszych opróżniając naczelne miejsce. Tracimy w ś. p. *Chrzanowskim* człowieka głębokiej nauki, znakomitego kierownika przedsięwzięć technicznych, powagę inżynierską u nas a jednocześnie starszego kolegę w zawodzie, popierającego zawsze sumienność, pracę i naukę wśród początkujących techników. Każdy z nich, bez względu na to czy miał urzędowe kwalifikacye, jakikolwiek stopień naukowy, lub praktyką tylko nabyte wykształcenie, znajdował zawsze w zmarłym poplecznika, jeżeli się zalecał sumiennością i pracą. A gdy jeszcze ś. p. *Chrzanowski* odkrył w nim zamiłowanie do nauki czystej, do matematyki, którą sam tak umiłował,— wtedy z protektora zamieniał się w istotnego przyjaciela początkującego technika. Tem zamiłowaniem do nauki, tym zapałem do dociekań matematycznych, przy swem życiu tak czystem a tak zapełnionem pracą, dowiódł zmarły na sobie samym prawdziwość słów *Jana Śniadeckiego*, że obsadzony cierniem przybytek matematyki nie ma powabu „tylko dla umysłów zamiłowanych w prawdzie i lubiących walczyć z trudnościami“.

---

[1]) Détermination des efforts auxquels sont soumis les croisillons et les parois pleines verticales dans les poutres des ponts du système américain. Par *Chrzanowski*, Capitaine du corps des ingénieurs des voies de communication. Varsovie 1860. 8°, str. 26, z 1 tabl. litogr.

Przekład polski w Przeglądzie technicznym z r. 1875, t. I, str. 36 — 50.

[2]) Description du pont sur le Boug près de Terespol, chemin de fer Térespol-Brest, avec 10 planches. Varsovie 1871. Folio, stron 27.

[3]) Most na Wiśle pod Warszawą, zbudowany dla drogi Obwodowej. Przegląd techniczny, t. II, str. 336 — 342, z rysunkami na tabl. XIV-ej.

[4]) Opis mostu przez rz. Wisłę dla kolei Obwodowej pomiędzy stacyami dróg żelaznych w m. Warszawie. Wydany przez zarząd czasowy budowy kolei Obwodowej (Po rosyjsku). Warszawa, druk *J. Ungra* 1877. 4° wielkie, str. 63, tablic litogr. 14.

[5]) Przegląd Techniczny, t. III, str. 65—85.

[6]) Détermination précise de la stabilité des murs de soutenement et de la poussée des terres.

Annales des Ponts et Chaussées. Août 1883.

[7]) Teorya sklepień, przez *Tadeusza Chrzanowskiego*. Warszawa, 1877. 8°, str. 145 i 12 tablic rys.

[8]) Drogi żelazne poleskie. Album rysunków wykonawczych linii Wilno-Rowno. 1883 — 1885. Warszawa, w litogr. *F. Kasprzykiewicza*. Folio, 1 ark. tekstu i 63 tablic rys.

[9]) Praca przez *T. C.* Warszawa, druk Noskowskiego 1888, 8°, str. 31.

[10]) Badania z historyozofii. Część I. Prawo rządzące dziejami ludzkości. Z dwoma tablicami rysunków. Przez *Tadeusza Chrzanowskiego*. Warszawa, w druk. *Noskowskiego*, 1888 8°, str. 197 i 2 tablice.

Badania z historyozofii. Część II, przez *Tadeusza Chrzanowsk.ego*. Kraków, w druk. *L. Anczyca* i *S-ki*. 8°, str. 102 i 1 tabl.

Badania z historyozofii. Część III, przez *Tadeusza Chrzanowskiego*. Warszawa, w druk. *Noskowskiego* 1891. 8°, str. 40 i 3 tabl.

**Ś. p. dr. August Freund**, profesor szkoły politechnicznej we Lwowie, której po trzykroć był rektorem, zmarł d. 28 lutego r. b. w 57 roku życia. Zmarły wykładał chemią, nauce oddawał się z wielkiem zamiłowaniem, a liczne prace jego znane są nietylko w kraju lecz i zagranicą.

Niech odpoczywa w pokoju!

# CUKROWNICTWO.

## Teorya rafinowania cukru.

*1. Co jest rafinowanie cukru i pierwotny materyał rafineryi.*

Wszelka praca techniczna, mająca na celu oczyszczenie jakiegokolwiek mniej lub więcej surowego produktu, nazywa się rafinowaniem, (nazwa ta pochodzi od francuskiego „affiner" lub raffiner" oczyszczać).

W cukrownictwie, pojęcie rafinowania ma bardzo szerokie znaczenie, co pochodzi ztąd, że cukrownie właściwe, czyli mączkarnie, bardzo rozmaity produkt oddają rafineryom, począwszy od możliwie białej mączki, aż do najniższych produktów w postaci ziarnistej. Biorąc rzecz przeto ogólnie, pierwotnym materyałem rafineryi jest zawsze mączka złożona z kryształów cukru różnej czystości. Kryształ surowego cukru jest przeto wyrazem pierwotnego materyału rafineryi.

*2. Charakterystyka kryształów cukru surowego.*

Mając kryształ cukru oczyścić, to jest pozbawić go, w mniej lub więcej wysokim stopniu, wszelkich, towarzyszących mu zanieczyszczeń, wypada przedewszystkiem poznać się z jego budową. Budowa, a raczej postać jego krystalograficzna, stanowi przedmiot innego działu; nas tutaj obchodzi nie tyle kształt kryształu, ile jakość jego materyału, idąc od środka do jego zewnętrznej powierzchni.

Zwykła analiza mączki cukrowej, będąca właściwie analizą roztworu tejże mączki, nie daje pojęcia o składzie materyałów, stanowiących kryształy tylko o średnim składzie ich mięszaniny.

Teoretyczny pogląd na sprawę krystalizacyi pozwala sądzić: że, co najwyżej, same mikroskopowe jąderka kryształów złożone są z chemicznie czystego cukru, zaś coraz nowe warstwy blaszek, powiększające te minimalne kryształki, są już prawdopodobnie coraz mniej czystym cukrem [1]). Czy coraz większe te zanieczyszczenia, wchodzą w skład cząsteczkowy samych blaszek, czyli też są uwięzione mechanicznie, pomiędzy blaszkami w postaci syropu, to nierozwiązana ta, jak sądzę kwestya, jest dla nas mniejszej wagi, gdy na poparcie poglądu o niejednostajności masy kryształów, mamy następujące, łatwe do sprawdzenia, doświadczenie wykonane w Hermanowie roku bieżącego. Po dobrem odcieknięciu na wirówkach cukrzycy V-go rzutu tak, że w ciągu kilku minut biegu, syrop z wirówki już nie odciekał, puszczono na tak już suchą mączkę parę, tak długo, dopóki nie odciekło 3 litry syropu; poczem wzięto średnią próbę mączki i otrzymanego syropu, a po dalszem wysuszeniu mączki biegiem wirówki, puszczono znów do niej parę, dla otrzymania nowych 3 litrów syropu i t. d. Na jednej wirówce parowano w ten sposób, V-ty rzut trzy razy, na drugiej, pięć razy, z potrzebnemi do tego przerwami na wysuszenie, a raczej na dobre odcieknięcie mączek od syropu. Analizy tak otrzymanych mączek i syropów przedstawione są w następującej tablicy:

| | Mączki | | | Odcieki | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° Brix'a | % cukru | Czystość | ° Brix'a | % cukru | Czystość |
| *Próba 1-a.* | | | | | | |
| Ostatni odciek od V-go rzutu przed parowaniem . . . . . . . . . . . . | — | — | — | 79,50 | 55,05 | 69,24 |
| Około 70 funt. mączki V-go rzutu przed parowaniem . . . . . . . . . . . | 98,00 | 93,30 | 95,20 | — | — | — |
| 3 litry odcieku po 1-m parowaniu . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | — | — | — | 54,60 | 46,14 | 84,50 |
| 3 litry „ „ 2-m „ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 100,00 | 97,60 | 97,60 | — | — | — |
| Około 43 funt. mączki i 3 litry odcieku po 3-m parowaniu . . . . . . . . | 99,00 | 97,75 | 98,73 | 52,50 | 51,18 | 97,48 |
| *Próba 2-ga.* | | | | | | |
| Około 70 funt. mączki V-go rzutu przed parowaniem . . . . . . . . . . | 97,00 | 92,30 | 95,15 | — | — | — |
| 3 litry odcieku po 1-m parowaniu . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | — | — | — | 63,00 | 47,04 | 74,66 |
| Mączka i 3 litry odcieku po 2-m parowaniu . . . . . . . . . . . . . . | 99,00 | 97,41 | 98,40 | 66,00 | 51,21 | 77,59 |
| „ „ „ 3-m „ . . . . . . . . . . . . . . . | 99,25 | 97,95 | 98,69 | 58,50 | 47,70 | 81,53 |
| „ „ „ 4-m „ . . . . . . . . . . . . . . . | 99,50 | 98,50 | 98,99 | 42,00 | 36,12 | 86,00 |
| Około 34 funt. mączki i 3 litry odcieku po 5-m parowaniu . . . . . . . . | 100,00 | 99,45 | 99,45 | 56,10 | 52,95 | 94,38 |

Mączka po ostatniem parowaniu na drugiej próbie z wirówki wyjęta, w ilości około 50% z wagi mączki pierwotnej, okazała się jednostajnie bardzo drobno ziarnistą i prawie białą, a pomimo składu swego, bardzo zbliżonego do średniej próby białej mączki pierwszego rzutu, mocno jednak różną od niej z pozoru. W każdym jednak razie, próby te stanowczo przekonywają, że: kryształ surowego cukru nie jest masą jednostajną, ale począwszy od środka najczyściejszego jest, idąc ku ścianom, coraz mniej czystym. Takie pojęcie o budowie kryształów surowego cukru, powinno rafinerowi ciągle przewodniczyć we wszystkich działaniach, mających na celu rafinowanie cukrów surowych, jakoteż przy fabrykacyi surowej w połączeniu z miejscową rafineryą; co bowiem dobrem być może i racyonalnem w mączkarni, często jest niewłaściwem w cukrowni rafinującej swoje produkty.

[1]) Dla lepszego przedstawienia tej kwestyi, powołuję się na artykuł mój w Przeglądzie Technicznym z lipca 1877 r. — ostatni ustęp strony 34.

*3. Cel rafineryi cukru.*

Gdy z jednej strony mączkarnie, w słusznem dążeniu do obniżenia kosztów produkcyi, starają się o możliwie duży wydatek pierwszego rzutu z sokowej cukrzycy, bez względu na to, że im większy jest ten wydatek, tem produkt musi być coraz gorszy, a przez to, coraz trudniejszy do przerobienia zwykłym sposobem na wyborową rafinadę; gdy z drugiej strony, wymagania konsumentów cukru są bardzo rozmaite, tak co do jego czystości, jako i postaci: przeto najogólniejszym celem rafineryi jest: przerobienie mniej lub więcej nieczystego cukru surowego, na mniej lub więcej czysty cukier konsumcyjny, w najdogodniejszej dla spożywców postaci.

Naturalną jest rzeczą: że im gorszy jest surowy produkt i im wyższą ma być czystość cukru konsumcyjnego, tem więcej i w silniejszym stopniu, muszą być użyte rozmaite środki, stanowiące rafinowanie i odwrotnie. To też, gdy ze zmianą warunków fabrykacyi, mączkarnie dążą do wypuszczania coraz bardziej surowych produktów, przez zmniej-

szone użycie węgla kostnego i przez coraz mocniejsze gotowanie pierwszej cukrzycy; tem bardziej też w rafineryi nie może wystarczać zwykła metoda postępowania — dobra, przy dostatecznie wybielonym pierwszym rzucie. Gdy idąc dalej tym trybem, mączkarnie znajdą sposób i rachunek do mocniejszego jeszcze wygotowywania, a raczej suszenia cukrzycy niż obecnie, to jest do mniej niż 4% wody; wtedy podniesie się jeszcze wydajność pierwszego rzutu (wynosić ona będzie blizko 100%, lub 100% gdy będzie można wysuszyć cukrzycę do 2% wody i mniej), ale rafinerye będą musiały używać więcej operacyi dla dojścia do tegoż samego celu. Słowem, uproszczenie surowej fabrykacyi pociąga za sobą większą komplikacyą środków w rafinowaniu.

Utrzymują niektórzy, że rafinowanie cukru jest często bezcelowe, szczególniej w obec otrzymywanych dzisiaj niejednokrotnie bardzo ładnych mączek, o polaryzacyi 99,5 do 99,7%. Jakkolwiek najlepszą odpowiedzią na to, jest stosunek popytu konsumentów na rafinadę i mączkę; nieodrzeczy będzie może przypomnieć: że ta najlepsza nawet mączka, zawierająca 99,7% cukru, co rzadko się zdarza, zawiera jeszcze około 0,25% zanieczyszczeń; co się przedstawia stosunkiem $^1/_4$ łyżeczki od kawy np. sody na jeden funt mączki a wiadomo, jak skrzętne gospodynie, mniejszą nawet ilością sody, wrzuconej do herbaty, potrafią popsuć jej smak w ilości większej, niż ta, jaka się słodzi jednym funtem cukru [1]). Bądź co bądź w obec popytu na rafinadę, potrzebne jest rafinowanie, przejrzyjmy więc teraz środki używane przy rafinowaniu cukru.

*4. Środki służące do rafinowania cukru.*

*A. Przerób białej mączki na rafinadę. a) Przetopienie.* Biała mączka o średniej polaryzacyi 99,5%, jest typem wrzutu na rafinadę, dającego dobry produkt przy najzwyklejszem postępowaniu. Mączka taka przy możności użycia przynajmniej 20 cz. dobrego węgla kostnego na 100 cz. wrzutu, przed filtracyą może być tylko rozpuszczoną w odpowiedniej ilości grzejącej się wody i zagotowaną. Pamiętać tu należy że ulep zwykle jest mniej czysty aniżeli była stopiona w nim biała mączka, co pochodzi stąd: że woda do rozpuszczenia mączki użyta, zwykle posiada w sobie organiczne i mineralne sole. Samo takie przetopienie mączki i następne przekrystalizowanie byłoby już wynikiem rafineryjnym; ulep bowiem z mączki otrzymany, przy krystalizacyi rozpada się na dwa produkty: jeden czyściejszy odeń w kryształach, a drugi mniej czysty od ulepu w syropie pokrystalicznym. Ponieważ jednak, kryształy są tem czyściejszym cukrem, im czyściejszym był ulep, przeto ulep przed krystalizacyą poddaje się filtracyi przez węgiel kostny. Czasami przy ograniczonej i zbyt szczupłej filtracyi przez węgiel zwierzęcy, z pożytkiem używane bywa klarowanie uprzednie ulepu, przy pomocy 0,02% białka krwi i 0,2% mączki z nowego węgla kostnego; ale po takiem klarowaniu konieczne jest cedzenie mechaniczne ulepu przed puszczeniem go na węgiel zwierzęcy.

Przy jednych i tych samych warunkach ogólnych średnie z 5-ciu i 7-miu oznaczeń roboty bez klarowania i z klarowaniem białkiem krwi i mączką kostną, tak się przedstawiają:

| | *Brixa* | *% cukru* | *Czystość* |
|---|---|---|---|
| robota bez krwi — ulep przed filtracyą | 62,60 | 62,20 | 99,36 |
| „ „ „ „ po „ | 62,36 | 62,17 | 99,69 |
| „ z białkiem krwi i mączką kostną przed filtracyą . . . . . . | 63,18 | 62,87 | 99,50 |
| robota z białkiem krwi i mączką kostną po filtracyi. . . . . . | 62,44 | 62,29 | 99,76 |

[1]) Mogę tu przytoczyć przykład z własnego doświadczenia: gdy po ośmiu latach pracy w cukrowni rafinującej, wypadło mi pracować parę lat w mączkarni, w obec niezbyt czułego zmysłu smaku, po pewnym czasie picia herbaty z mączką, spostrzegłem nie to, że mączka w herbacie jest niesmaczną, ale, że straciłem gust do herbaty, którą dawniej bardzo lubiłem; dopiero po pewnym czasie, gdy u doktora, litwina, w tejże osadzie, za każdą tam bytnością uderzony byłem dobrym smakiem herbaty, zacząłem dociekać przyczyny, a przekonawszy się, że doktor używał tegoż samego gatunku herbaty i wody z tejże samej studni, znalazłem słuszną uwagę doktora, że herbata u niego lepiej mi smakuje niż w domu dla tego, że on sprowadza z miasta rafinadę, a ja używałem mączki.

*b) Filtrowanie przez węgiel zwierzęcy.* Jak z powyższych cyfr widać, ulep przed filtracyą kostną zawierał na 100 materyi stałych 99,36 lub 99,50 cukru i 0,64 lub 0,50 niecukru; zaś po filtracyi kostnej zawierał tenże ulep na 100 materyi stałych: 99,69 lub 99,76 cukru i 0,31 lub 0,24 niecukru. Wniosek ztąd prosty że: węgiel kostny dobrego gatunku i w ilości około 20% na wagę cukru stopionego, zabiera z ulepu nieklarowanego 0,33 z 0,64 części będących w nim zanieczyszczeń; a z ulepu klarowanego białkiem krwi i mączką kostną, zabiera 0.26 z będących w nim 0,50 części zanieczyszczeń na 100 cz. materyi stałych. To znaczy: że 100 funtów węgla kostnego zabiera 5×0,33=1,65 funtów niecukru z ulepu nieklarowanego a tylko 5×0.26=1,3 funta z ulepu klarowanego. Ten ostatni ulep przeto mniej zużywa działalności węgla kostnego i daje produkt czyściejszy.

Jest to jedna z licznych sposobności do zaznaczenia: że każdy czynnik, oczyszczający roztwory cukru, z początku wywiera najwyraźniejsze działanie; w następstwie zaś coraz mniej energiczne. Jak osmoza 1-a idzie łatwiej niż następna i przy większych ilościach oddzielonego niecukru, mniejsze spowodowywa straty cukru; jak pierwsza saturacya soku energiczniejszą jest od następnych; jak wreszcie pierwsze przekrystalizowanie cukrzyc daje dwa produkty bardziej różniące się od siebie aniżeli w następnych krystalizacyach, tak też i pierwsze działanie węgla kostnego na sok buraczany, jest o wiele silniejsze od następnych, a najsłabsze na ulep. I nic dziwnego, gdy bowiem przy pierwszem działaniu węgla kostnego na cienki sok buraczany, spotyka ów węgiel największą ilość niecukru, przezeń absorbowanego; przy drugiem działaniu, spotyka już większy stosunek niecukru, niezdolnego do absorbcyi, przy trzeciem jeszcze większy i t. d. Ztąd też: gdy 4% węgla kostnego na buraki, czyli 30 węgla na 100 cukru w burakach, zabiera z soku cienkiego 2,19 cz. niecukru na 100 cz. cukru, (sprawozdanie ogólne z Hermanowa za 1890/1 r. W soku cienkim niecukru na 100 cukru przed filtracyą 10,34, a po filtracyi 8,15, różnica 2,19), czyli 100 cz. węgla zabiera $\frac{2,19 \times 100}{30}$=7,3 cz. niecukru wskazanego areometrem *Brix'a*. Gdy przy oczyszczaniu przez przetopienie, filtracyę i krystalizacyę żółtych mączek, działanie węgla kostnego, jak to zobaczymy później, wyraża się zabraniem z syropu 1,14 cz. niecukru na 100 cukru, przy ilości węgla 40 na 100 cukru to znaczy: że 100 węgla zabiera niecukru $\frac{1,14 \times 100}{40}$ = 2,85; to z ulepu jakeśmy to już widzieli, taż sama ilość węgla i to lepszego, zdolna jest zabrać tylko 1,3 do 1,65 cz. niecukru. Czyli krócej 100 węgla kostnego zabiera z cienkiego soku 7,3 niecukru wskazanego areometrem *Brix'a*, 100 węgla kostnego zabiera z przetopionych mączek żółtych 2,85 niecukru, i 100 węgla kostnego z ulepu 1,3—1,65 niecukru.

Ten najmniejszy nawet skutek, wywierany przez węgiel zwierzęcy na ulep, do dnia dzisiejszego, pomimo licznych prac wielu ludzi, niczem zastąpić się nie daje; a wartością rzeczywistą, przewyższa działania wszystkich innych środków, oczyszczających roztwory cukru. Gdy tak ważne czynniki rafineryi, jak krystalizacya i zabielanie, właściwie niezabierają niecukru, tylko jak to później zobaczymy, przeprowadzają znaczną część jego, do mniejszej niż poprzednio ilości cukru, to węgiel zwierzęcy, pochłaniając niecukier z roztworu cukru, tem samem uwalnia część cukru od konieczności przejścia do melasu.

Ponieważ owe 20 czy nieco więcej części węgla kostnego, na 100 białej mączki stopionej, nie są w stanie zabrać pół procentu niecukru, tylko połowę tej ilości, możnaby sądzić: że dwa razy silniejsza filtracya dałaby czystą rafinadę w roztworze. Zdaje się jednak, że próba tego rodzaju na fabryczną skalę i trudną i niewdzięczną była, zaś laboratoryjna próba nie daje podstawy do sądu o technicznej stronie kwestyi. O niewdzięczności próby fabrycznej można wnosić raz z tego: że powiększyłoby to znacznie ilość wysłodu z filtrów, utrudniającego manipulacyą, a powtóre, że bardzo prawdopodobnie, jesteśmy tu w obec arytmetycznej zabawki, w której mianowicie, jeśli dla wybrania całości jakiejś, wolno nam wziąść na raz nie więcej, jak połowę tego co jest, to nigdy całości nie wybierzemy. Zresztą, chociaż-

by tak nie było, i gdyby nam się udało otrzymać po filtracyi, bez nadmiernego powiększenia kosztów, roztwór cukru o czystości 100, to i tak, po zgotowaniu go w warniku na cukrzycę rafinadową dla przekrystalizowania, znajdziemy w niej pewną część niecukru, powstałego z cukru, skutkiem działania temperatury.

c) *Krystalizacya.* Wiadomo że, jak częściowa destylacya, jak rozpuszczanie częściowe, tak też i krystalizacya, stanowi jedną z metod oddzielania różnych związków chemicznych, że zatem, przez samo wielokrotne przekrystalizowanie roztworu cukrowego, możnaby otrzymać pewną część cukru w stanie mniej więcej blizkim czystości. Technika cukrownicza między innemi i tę przyswoiła sobie metodę, ale w kombinacyi z innymi środkami. Samo wielokrotne przekrystalizowanie, nieoddalając nic niecukru, a nadto, powiększając jeszcze, przy każdem wygotowywaniu wody, jego ilość w pewnym stopniu, w ostatecznym rezultacie, po mozolnych operacyach, musiałoby wydać mniejszą ilość czystego cukru, aniżeli go było w pierwotnym roztworze wolnego; to jest w nadmiarze, po nad tę ilość: jakąby współistniejący niecukier do melasu przeprowadzić musiał. Jak każdy inny czynnik rafinerski, tak i przekrystalizowanie, spotyka w sokach i roztworach cukrowych niecukier, łatwiej i trudniej dający się oddzielić od cukru, stosownie do tego, czy niecukier ów posiada mniejszą lub większą zdolność krystalizowania. Zanieczyszczenia, wcale niekrystalizujące, najłatwiej tą metodą się oddzielają, ale łatwo krystalizujące, jak np. saletra, znacznie trudniej dają się oddzielać wykrystalizowywują; wraz z cukrem.

Tenże sam typ białej mączki, o jakim już mówiliśmy, polaryzujący około 99,5% w ulepie przed i po filtracyi, jakoteż w cukrzycy rafinadowej miewa skład następujący:

| | Ulep przed filtracyą | | | Ulep po filtracyi | | | Cukrzyca rafinadowa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % mat. stałych | % cukru | Czystość rzeczywista | % mat. stałych | % cukru | Czystość rzeczywista | % mat. stałych | % cukru | Czystość rzeczywista |
| 1-y szereg jednoczesnych prób . . . | 63,42 | 63,03 | 99,38 | 63,25 | 63,14 | 99,82 | 93,06 | 92,73 | 99,64 |
| 2-gi „ „ „ | 62,23 | 61,92 | 99,50 | 63,50 | 63,38 | 99,81 | 90,59 | 90,31 | 99,67 |
| 3-ci „ „ „ | 61,64 | 61,28 | 99,41 | 61,20 | 91,04 | 99,73 | 91,28 | 90,97 | 99,66 |
| Średnia . . | 62,43 | 62,08 | 99,44 | 62,65 | 62,52 | 99,79 | 91,64 | 91,34 | 99,67 |

Widzimy przeto, że czystość rzeczywista cukrzycy rafinadowej, jakkolwiek jest wyższą w porównaniu z takąż czystością ulepu przed filtracyą, to jednak jest niższą od czystości ulepu po filtracyi o 0,12, co znaczy, że gotowanie cukrzycy zamieniło taką ilość jej cukru na niecukier. Jest to nawet widocznem na oko, gdy porównamy bowiem bezbarwny ulep po filtracyi, z zabarwioną mniej lub więcej cukrzycą, stosownie do tego czy ona była gotowaną w niższej lub wyższej temperaturze, na mniej lub więcej twardą rafinadę, a jeszcze bardziej gdy porównamy go z pierwszym odciekiem od cukrzycy rafinadowej, zabarwionym wyraźnie żółtawo lub zielonawo, stosownie do mniejszej lub większej ilości użytej ultramaryny. Możemy wtedy wyraźnie ocenić wpływ temperatury przy gotowaniu ulepu, mający za skutek żółtawo - czerwonawy kolor cukru skarmelizowanego lub brunatnych produktów częściowego spalenia, które skutkiem dodawanej przy gotowaniu ultramaryny, nadają odciekowi kolor zielonawy, ztąd odciek ten w cukrowniach „zielonym syropem" się nazywa.

Cukrzyca rafinadowa jest mięszaniną możliwie czystych kryształów cukru z ługiem pokrystalicznym, składającym się z wodnego roztworu, pozostałych w ulepie zanieczyszczeń, nasyconego odpowiednią ilością cukru. Kryształy cukru zawieszone w syropie pokrystalicznym cukrzycy rafinadowej, podlegać muszą ogólnemu prawu krystalizacyi, trudniejszemu tylko do analitycznej obserwacyi, jaką przy surowym cukrze uczyniliśmy, bez kwestyi przeto są one w swoich środkach czyściejszym cukrem aniżeli na powierzchni. Nieulega też wątpliwości, że cukier jakibyśmy otrzymali po wysuszeniu odcieknietych tylko głów z zielonego syropu, byłby o wiele ładniejszym, od najładniejszej białej mączki, ale nie byłby jeszcze rafinadą dobrego gatunku.

Im czyściejszym był ulep, tem czyściejszy jest środek kryształów; tem czyściejszym jest ług pokrystaliczny i względnie czyściejszą jest zewnętrzna warstewka kryształów, tem łatwiejsze jest przeto oczyszczenie tych zewnętrznych warstewek przez zabiał. Drobne, przypadkowe różnice, jakie się czasami przytrafiają w wyborze wrzutu na rafinadę, odczuwają się później bardzo wyraźnie w dalszej robocie. To też doświadczenie uczy: że powyższy typ białej mączki jest minimalnie czystym, by, przy powyższych warunkach, mógł dać dobrą rafinadę. Przychodzi się też do przekonania, niesprawdzonego specyalnem doświadczeniem, bo doświadczenie to nieprzyjemnem być może, że mączka o czystości chociażby o 0,1 mniejszej od przeciętnej tu podanej, niewyda dobrej rafinady w tych samych warunkach.

Jakeśmy widzieli, przeciętny skład cukrzycy rafinadowej w danych warunkach był następujący:

| | |
|---|---|
| Materyj stałych | 91,64% |
| Cukru. . . | 91,34% |
| Niecukru . . | 0,30% |
| Wody. . . . | 8,36% |
| Czystość . . . | 99,67 |

Przeciętny odciek od takiej cukrzycy, to jest zielony syrop ma skład:

| | |
|---|---|
| Materyj stałych | 68,30% |
| Cukru . . . . | 67,21% |
| Niecukru. . . | 1,09% |
| Wody . . . . | 31,70 |
| Czystość . . . | 98,40 |

W cukrzycy rafinadowej na 8,36 wody było 0,30 niecukru, na 31,70 części wody odcieku powinnoby być niecukru $\frac{0,30 \times 31,70}{8,36} = 1,14$, a jest 1,09. Nie są to liczby ze specyalnego doświadczenia, ale tylko przeciętne, w każdym razie, sprawdza się niemi teoretyczne przewidywanie, że część niecukru cukrzycy uwięzioną jest w samych kryształach, jakoż w przeciwnym razie, zabielanie byłoby zbytecznem.

Kiedy na 31,70 wody odcieku, znajduje się w nim 67,21 cukru, to 8,36 wody cukrzycy rafinadowej zabrało z niej do odcieku $\frac{8,36 \times 67,21}{31,7} = 17,72$ części cukru. Znaczy to, że z 91,34% cukru zawartego w cukrzycy, było go w postaci krystalicznej $91,34 - 17,72 = 73,62$; co zgadza się z wydatkiem rafinady, otrzymywanym z tak zgotowanej cukrzycy rafinadowej w ilości około 70%, po odrzuceniu spadu głów, na co odchodzi około 3%.

Pozostałe w kryształach rafinady bardzo drobne ilości niecukru, i to przeważnie w ich zewnętrznych warstewkach, oddalają się prawie w całości przez zabielanie.

d) *Zabiał i zabielanie rafinady.* Zabiał rafinadowy jest nasyconym roztworem cukru możliwie wysokiej czystości; jako taki, nie może on już rozpuszczać cukru z kryształów surowej rafinady, a przeciwnie, rozpuszczając w sobie, jak w czystej wodzie, sole i związki mineralne i organiczne z powierzchownych warstewek kryształów cukru, czyni go jeszcze czyściejszym, niż go odcieknięcie pokrystalicznego ługu zostawiło.

Zabiał rafinadowy, stosownie do urządzeń i wymagań fabrycznych, przygotowywa się w rozmaity sposób. Ideałem zabiału jest roztwór najczyściejszej rafinady w dobrze destylowanej wodzie. Po większej części, rafinerye przygotowywują cukier, przybliżony bardzo do rafinady, w większych niż rafinadki formach, i roztwór tak otrzymanego cukru, bardzo mało gorszego od rafinady, w możliwie czystej wodzie, poddają filtrowaniu przez węgiel kostny. Niektóre fabryki w tym celu, silnie filtrują przez węgiel roztwór białej mączki.

Jak każdy czynnik rafinerski, zabielanie niższych produktów niż rafinada, odpowiednio mniej czystym też zabiałem dokonywa się względnie łatwiej, z wydatniejszym na oko skutkiem niż zabielanie rafinady. Ponieważ tak zabielanie niższych produktów, jako i ich przekrystalizowanie, oddziela przedewszystkiem od cukru zanieczyszczenia, łatwiej od niego przechodzące do roztworu i trudniej wykrystalizowywujące, a pozostawia w cukrze prędzej osiadające w kryształach cukru, jako trudniej rozpuszczalne w wodzie i zabiale, przeto te ostatnie ślady zanieczyszczeń, pozostające w kryształach rafinady, najtrudniej dają się z niej wydobyć. Te drobne przeto ilości zanieczyszczeń potrzebują względnie do swej ilości, większych ilości i lepszego zabiału. Subtelne tu na pozór różnice, bardzo wyraźnie i często dotkliwie dają się odczuwać w rafinowaniu. To też, gdy przypadkowym sposobem, czy to wybór wrzutu na rafinadę niebył odpowiednim, czy filtracya przez węgiel kostny niebyła dostateczną, to zwykłe w takich razach zdanie rafinera: „to się wydekuje (zabieli)", tylko w pewnej części się sprawdza, produkt bowiem w tych warunkach otrzymany po silniejszem i kosztowniejszem zabielaniu, jest nieco lepszym niżby był przy zwykłem zabielaniu, ale nie jest takim, jakim by go mieć chciano. Fakty tego rodzaju dowodzą: 1) że z mniej czystych roztworów, mniej czyste osiadają kryształy cukru przy gotowaniu; 2) że środki kryształów są czyściejszym cukrem niż ich zewnętrzna powierzchnia i 3) że zabiał tylko do pewnej głębokości w warstwy kryształów dosięga z oczyszczającym swym wpływem to jest, zabierając z pewnej tylko grubości warstewek niecukier, pozostawia po nim próżne miejsca lub może wypełnia je częścią swojego cukru, co nieprawdopodobne, bo inaczej pozostawiwszy w jednem miejscu część swego cukru, zabiałów, niebyłby roztworem nasyconym względem cukru i co zatem idzie, nasyciłby się cukrem innych części bielonej rafinady.

Takie pojęcia o budowie kryształów i sposobie ich wybielania, naturalnym biegiem rzeczy, każą patrzeć z pewnem powątpiewaniem na wszelkie próby otrzymywania dobrej rafinady z białych mączek, bez ich przetopienia, a tylko przy pomocy więcej lub mniej dowcipnie pomyślanych systemów zabielania, czy to na bateryi ekstraktorów, czyli też w bateryi wirówek z szeregiem zbiorników na syropy w rozmaitym stopniu zanieczyszczone. Z drugiej strony, pojęcia te prowadzą do nadawania węglowi kostnemu pierwszorzędnej roli w rafinowaniu, przy koniecznem w tym razie nie pomijaniu tak ważnego czynnika, jak przekrystalizowanie.

Jakkolwiek zabiał o średnim składzie: mat. stał. 69,17%, cukru 69,04%, czystość 99,81, przy powyżej wymienionych warunkach wydaje rafinadę o czystości 99,97 i wyżej, to jest produkt czyściejszy od zabiału, to jednak bez kwestyi, ważnem jest zadaniem rafinera: dążyć do możliwie czystego zabiału, im bowiem on jest czyściejszym, tem mniej go potrzeba dla dobrego oczyszczenia danej rafinady.

Nasycenie zabiału cukrem jest tak koniecznem, że niektóre rafinerye, szczególnie wyrabiające najtwardszą rafinadę, chcąc uniknąć wyżłobienia kanałów w głowach, przez niekompletnie nasycony zabiał, używają zabiału, mającego w zawieszeniu drobną mączkę rafinadową. Zabiał taki, otrzymują ze zwykłego zabiału, idącego z filtra kostnego, przepuszczając go przez młyn, w którym się mielą odpadki cukru przy *„spodowaniu"* głów otrzymane.

Bez względu na to, jakim sposobem zabielanie się odbywa, czy sposobem ciągłym, przy użyciu blaszanych skrzynek, czy przez kilkakrotne nalewanie w formy rafinadowe, czyli też jakimkolwiek mechanicznym sposobem uważa się ono za skończone, gdy głowa w całej swej wysokości wolną jest od żółtawo czy zielonawo zabarwionego syropu, to jest gdy w dolnej części głów, a właściwie w ich szpicach, pomiędzy kryształami cukru znajduje się tylko niewycieknięty zabiał. To jest pora na przystąpienie do suszenia rafinady.

*e) Suszenie rafinady.* Suszyć można rafinadę albo po uwolnieniu jej na ssawkach z reszty zabiału, przy czem ssawki wraz z pewną częścią wody syropu wyciągają z rafinady odpowiednią ilość cukru, albo też bez wyssania zabiału, przy czem naturalnie więcej wody z tych głów dla ich wysuszenia potrzeba wyparować. W tym drugim razie wysuszony cukier, składając się nietylko z kryształów powstałych przy gotowaniu ale i z drobniejszych kryształów, które wydał wysuszony zabiał, a stanowiących niejako cement pomiędzy pierwszemi ma większą bezwzględną wagę i większy ciężar właściwy.

Mniejsze rafinerye a właściwie cukrownie rafinujące, prawie wszystkie używają pierwszego z tych sposobów. W nich też wybielone głowy idą przedewszystkiem wraz z formami na ssawki, gdzie pozbywając się resztek zabiału, pozbywają się też przeważnej ilości wody, będącej w tej chwili jedynem zanieczyszczeniem cukru. Pomijamy tu bowiem naturalnie te drobne ilości niecukrów mineralnych i organicznych maksimum 0,03%, jakie opisaną powyżej metodą rafinowania bez zbytniego powiększenia kosztów oddzielić się nie dają. *(D. n.)*

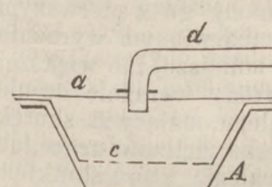
*Z. Kozietulski.*

**Laboratoryum wyższej technicznej szkoły w Brünn** wykonało szereg oznaczeń popiołów w produktach cukru, posługując się znanemi dotychczas metodami. Wyniki tych badań zamieszczone w jednym z numerów „Chemiker Zeitung" ujęto w następującą tabliczkę:

| | Waga normalnego popiołu | Waga popiołu, otrzymanego przy spalaniu tlenem | Waga popiołu przy spalaniu z $H_2SO_4$ po uwzględnieniu poprawki | Waga pop. przy spalaniu z wazeliną | Waga pop. przy spalaniu z parafiną |
|---|---|---|---|---|---|
| Melas . . . . . . . | 7,59 | 7,62 | 7,38 | — | 7,44 |
| Trzcin. cuk. II pr. . . . | 2,23 | 2,16 | 2,22 | 2,10 | — |
| „ „ . . . | 1,73 | 1,76 | 1,71 | — | — |
| Cukier osmozowany . . | 1,07 | 1,06 | 1,03 | — | — |
| „ „ . . | 2,55 | 3,08 | 3,17 | — | — |
| Trzcin. cuk. III pr. . . | 1,08 | 1,09 | 1,09 | — | — |
| Sok z buraków . . . . | 0,428 | 0,44 | 0,48 | — | — |

Z tablicy tej widzimy, że metoda spalania w strumieniu tlenu dała zupełnie zadawalniające rezultaty, popiół bowiem w ten sposób otrzymany bardzo niewiele różni się od popiołu normalnego. Sam proces spopielania substancyi jest bardzo mało skomplikowany, to też przypuszczać należy, że metoda ta z pożytkiem może być stosowaną w laboratoryach cukrowniczych przy oznaczaniu t. z. „rendement".

Spalanie odbywa się w tyglu platynowym *A*, tej lub więcej prostokątnej formy,—tygiel przykryty jest pokrywką *a* mającą otwór w środku, *d* przedstawia rurkę doprowadzającą tlen, *c*— miseczkę z dziurkowatem dnem, służącą do osłabienia prądu gazu.




Uprzednio zwęgloną substancyę spala się przy nader niskiej temperaturze w strumieniu gazu złożonego w równej objętości tlenu i powietrza, następnie, podnosząc stopniowo temperaturę, pozostałość zawartą w tyglu poddaje się działaniu silnego żaru i spala się w strumieniu czystego tlenu.

*Stanisław Sch.*

Дозволено Цензурою, Варшава, 19 Марта 1891 г. — Druk J. Sikorskiego, Warecka, 14. Wydawca, **Maurycy Wortman.** Red. odp. **Adam Braun.**